

МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

АКАДЕМІЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

**І.А.Чуб, В.Є.Пустоваров, Г.Е.Винокуров,
П.М.Бортнічук, Л.А.Клименко**

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЗВ'ЯЗОК У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

**Навчальний посібник
для курсантів, студентів та слухачів,
які навчаються у відомчих вищих навчальних закладах**

Харків 2005

УДК 614.84 : 654.164.(075.8)

ББК 32.88 : 68.517

А 22

Рекомендовано МНС України

(Лист від 25.01.2005 № 04–605/281)

Рецензенти: Коняхин Г.Ф. - професор кафедри автоматики і радіоелектроніки Української інженерно-педагогічної академії, канд. техн. наук, професор;

Новожилова М.В. - завідувач кафедри інформаційних технологій Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури, докт. фіз.-мат. наук, професор;

Кулаков О.В. - доцент кафедри профілактики технологічних процесів виробництва Академії цивільного захисту України, канд. техн. наук, доцент

А 22 **Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту:** Навчальний посібник/ І.А.Чуб, В.Є.Пустоваров, Г.Е.Винокуров, П.М.Бортнічук, Л.А.Клименко, / За загальною редакцією Щербака Г.В. - Харків, 2005. – 272 с.

В навчальному посібнику розглядаються питання організації зв'язку в цивільному захисті, надаються інформаційні основи зв'язку, принципи побудови та функціонування систем проводового та радіозв'язку, сучасних засобів зв'язку, основи використання систем автоматизованого управління підрозділами МНС України, питання експлуатації, технічного обслуговування та ремонту засобів зв'язку та управління.

Навчальний посібник призначений для курсантів та слухачів вищих навчальних закладів МНС України, а також може бути корисним для практичних працівників у галузі експлуатації систем зв'язку та управління.

УДК 614.84 : 654.164.(075.8)

ББК 32.88 : 68.517

© І.А.Чуб, В.Є.Пустоваров,

Г.Е.Винокуров, П.М.Бортнічук,
Л.А.Клименко., 2005

© АЦЗУ, 2005

ВСТУП

В останні роки у цивільному захисті України триває процес автоматизації управління з використанням інформаційних технологій та АСУ, для оперативного обміну інформацією передбачається подальший розвиток систем зв'язку. Тому вивчення основ організації зв'язку та автоматизованих систем управління має велике значення для майбутніх практичних працівників служби цивільного захисту.

Ефективність боротьби з надзвичайними ситуаціями значною мірою залежить від надійно організованої системи зв'язку. У теперішній час в гарнізонах МНС України широко застосовуються сучасні стаціонарні, мобільні і переносні радіостанції КХ і УКХ-діапазонів. Подальший розвиток радіозв'язку у підрозділах здійснюється в напрямку поліпшення технічних характеристик радіоапаратури, збільшення потужності стаціонарних радіостанцій і освоєння більш високих частот.

Впровадження нових засобів телекомунікацій відкриває широкі можливості для своєчасного виявлення надзвичайних ситуацій, дистанційного управління силами і засобами, а також запису і аналізу процесу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Ефективне використання усіх видів сучасного зв'язку в службі цивільного захисту є можливим лише за умови оволодіння інженерно-технічними працівниками МНС України знаннями про:

- принципи функціонування радіоелектронної апаратури зв'язку та управління;
- тактико-технічні характеристики і структуру засобів зв'язку;
- організацію проводового зв'язку і радіозв'язку в гарнізоні МНС України;
-

- особливості експлуатації, технічне обслуговування і ремонт засобів зв'язку і управління;
- склад, принципи побудови, використання, основні цілі та задачі автоматизованих систем оперативного управління і зв'язку.

Розкриттю наведених питань, наданню теоретичних знань та деяких практичних навичок у галузі зв'язку та автоматизованих систем управління цивільним захистом присвячен цей навчальний посібник. При його написанні використаний досвід організації зв'язку та управління у кращих гарнізонах МНС України.

Навчальний посібник написано згідно з програмою дисциплін “Основи електроніки та зв'язок у пожежній охороні” та “Автоматизовані системи управління та інформаційне забезпечення діяльності пожежної охорони”.

Навчальний посібник призначений для курсантів та слухачів вищих навчальних закладів МНС України та може бути корисним практичним працівникам служби цивільного захисту.

1 ЗВ'ЯЗОК У ПІДРОЗДІЛАХ МНС УКРАЇНИ

1.1 Призначення і задачі зв'язку у підрозділах МНС України

Зв'язок у МНС України є основним засобом, що забезпечує постійне керування підрозділами. Зв'язок у МНС України забезпечує:

- оперативний, точний прийом і передачу повідомлень про пожежі, аварії, стихійні лиха та інші надзвичайні ситуації (НС);

- своєчасне висилання необхідних сил і засобів для ліквідації НС та їхніх наслідків;

- постійне керування підрозділами, що прибувають до місця НС, що працюють на ліквідації їх наслідків і при рішенні адміністративно-управлінських задач;

- обмін інформацією між підрозділами МНС України й іншими службами (міліція, медична допомога, газоаварійна, енергетична, водопровідна служба); їх часто називають службами взаємодії;

- керування силами і засобами рухомого пункту зв'язку (РПЗ) і взаємодії з військовими частинами, службами забезпечення суспільного порядку.

Виходячи з поставлених задач, зв'язок у підрозділах МНС України повинен задовольняти вимогам, найважливішими з яких є надійність, своєчасність, достовірність, необхідна пропускна здатність і схованість передачі інформації.

Надійність зв'язку - це спроможність забезпечити безупинне керування підрозділами МНС України в будь-яких умовах оперативної обстановки.

Надійність зв'язку досягається:

- застосуванням засобів зв'язку, що відповідають вимогам системи управління силами і засобами;

- наявністю резервної апаратури, обхідних і резервних каналів зв'язку;

- проведенням заходів щодо захисту радіо і радіорелейного зв'язку від радіоперешкод;

- застосуванням техніки зв'язку відповідно до її тактико-технічних характеристик.

Своєчасність зв'язку - це спроможність забезпечення передачі (прийому) повідомлень у терміни, обумовлені оперативною обстановкою.

Вона досягається:

- постійною готовністю до застосування систем і засобів зв'язку;

- правильним вибором засобів організації зв'язку;

- передачею (прийомом) повідомлень у терміни, що відповідають ступеню оперативної інформації;

- високою технічною підготовкою спеціалістів зв'язку;

- твердим знанням і чітким виконанням особовим складом підрозділів МНС України правил користування зв'язком.

Достовірність зв'язку визначається ступенем точності відтворення переданих повідомлень у пунктах прийому і забезпечується :

- підтримкою технічних і електричних параметрів каналів і апаратури зв'язку у встановлених експлуатаційних нормах;

- високими практичними навичками осіб, що використовують засоби зв'язку;

- передачею важливих повідомлень по декількох незалежних каналах одночасно.

Пропускна здатність - це можливість зв'язку забезпечувати своєчасність передачі заданих потоків інформації.

Необхідна пропускна здатність досягається:

- ефективним використанням каналів і засобів зв'язку;

- скороченням часу опрацювання і проходження інформації на вузлах зв'язку;

- постійним контролем посадовими особами обсягів переданої інформації.

Схованість зв'язку полягає в обмеженні несанкціонованого доступу до документа, схеми організації зв'язку, переданої інформації й апаратури зв'язку і досягається:

- застосуванням засобів організації зв'язку й апаратури, що відповідає вимогам схованого керування;

- суворим дотриманням усіма співробітниками правил ведення переговорів по відкритих каналах зв'язку;
- застосуванням апаратури маскуванню промови;
- високою дисципліною зв'язку, умінням особового складу користуватися документами схованого керування;
- проведенням заходів щодо запобігання несанкціонованого доступу до засобів зв'язку і забезпечення радіоконтролю;
- суворим дотриманням правил відкритої передачі інформації за допомогою радіозв'язку;
- маскуванням місцезнаходження засобів оперативного зв'язку;
- проведенням робіт з апаратурою зв'язку у виділених помешканнях з урахуванням вимог нормативно-технічних документів з протидії іноземній технічній розвідці.

Керівництво зв'язком в підрозділах МНС України полягає

- у своєчасному проведенні заходів щодо організації зв'язку, забезпеченні його надійної роботи;
- в ефективному використанні засобів зв'язку, підтримки їх в постійній готовності;
- у плануванні розвитку та поліпшення експлуатації засобів зв'язку;
- у підготовці сил і засобів зв'язку до виконання поставлених задач;
- у матеріальному і технічному забезпеченні експлуатації засобів зв'язку;
- в організації технічного обслуговування і ремонту засобів зв'язку;
- в узагальненні і поширенні передового досвіду організації зв'язку і використанні засобів зв'язку;
- у вивченні потреби підрозділів МНС України у нових засобах зв'язку, розробці пропозицій по їхньому створенню.

Зв'язок у МНС України покликаний забезпечити повсякденну життєдіяльність підрозділів і керування ними.

1.2 Види і засоби зв'язку в МНС України

Засоби зв'язку в залежності від призначення поділяються на оперативні і навчальні.

Оперативні засоби зв'язку знаходяться на озброєнні і призначені для забезпечення повсякденної оперативно-службової діяльності підрозділів МНС України. Оперативні засоби зв'язку для навчання особового складу роботі і ремонту використовувати забороняється.

Навчальні засоби зв'язку, на яких робиться відповідний напис "Навчальне", призначені для навчання особового складу.

Засоби зв'язку входять у склад рухомих і стаціонарних вузлів зв'язку.

Рухомі вузли зв'язку - це засоби зв'язку, змонтовані на транспортній базі і призначені, як правило, для рішення оперативних задач при ліквідації НС.

Стаціонарні вузли зв'язку - це комплекс засобів зв'язку, ліній і каналів зв'язку, що об'єднані у визначеному порядку і призначені для забезпечення керування повсякденною діяльністю підрозділів МНС України і рішення оперативних задач.

До засобів зв'язку відносяться:

- радіостанції, радіопередавачі, радіоприймачі, радіоретранслятори;

- радіорелейні станції, телефонна, телеграфна, фототелеграфна, телевізійна апаратура, апаратура телекерування і телесигналізації, дистанційного керування, гучномовна апаратура і апаратура факсимільного зв'язку, звукозапису, оповіщення, контрольно-вимірювальна апаратура, зарядні і випрямні пристрої, джерела й агрегати електроживлення; інша техніка, яка призначена для утворення каналів і ліній зв'язку, передачі, прийому і перетворення інформації;

- проводові лінійні засоби, що включають у себе підземні і підводні кабелі, легкі польові кабелі зв'язку, польові кабелі дальнього зв'язку, увідні і розподільні польові кабелі, арматура і матеріали для будівництва і прокладки ліній зв'язку;

- сигнальні засоби зв'язку (звукові і світлотехнічні).

Зв'язок МНС України підрозділяється на такі види:

- зв'язок сповіщення;
- оперативно-диспетчерський зв'язок;
- зв'язок на пожежі;
- адміністративно-управлінський зв'язок.

Ці види зв'язку забезпечуються за допомогою проводового зв'язку і радіозв'язку.

Проводовий зв'язок включає зв'язок сигналізації, телефонний, телеграфний, гучномовний, фототелеграфний зв'язок.

Радіозв'язок використовує засоби високочастотного радіодіапазону - короткохвильового і ультракороткохвильового.

1.3 Організація зв'язку в МНС України

Зв'язок і в області, і в гарнізоні МНС України будується на основі мереж проводового і радіозв'язку.

Мережа проводового зв'язку гарнізону МНС України організується на базі місцевих і міжміських ліній Міністерства зв'язку України, проводових каналів зв'язку інших міністерств і відомств із використанням їхніх об'єктів і споруд, а також споруджень і об'єктів Головного управління (управління) МНС України.

Мережа проводового зв'язку гарнізону включає:

- лінійні і кабельні споруди Головного управління (управління) МНС України;
- мережу міжміського телефонного зв'язку для взаємодії з підрозділами МНС України інших міст, селищ, населених пунктів;
- мережу міського автоматичного зв'язку (МАТЗ), що має, як правило, радіально-вузлову структуру і використовує автоматичні телефонні станції (АТС) для обслуговування індивідуальних абонентів районів міста через районні АТС (РАТС), абонентів особливо важливих об'єктів (ОВО) і виробничих (ВАТС) телефонних станцій;
- мережу телефонного зв'язку по спеціальних лініях "01".

МАТЗ мають вихід до відповідних АТС крізь з'єднувальні лінії та комутаційне устаткування вузлів спеціального зв'язку міських АТС;

- мережу прямих телефонних ліній, призначених для зв'язку між підрозділами МНС України і зі службами взаємодії;
- мережу телеграфного зв'язку;
- мережу телеграфного зв'язку для забезпечення документування інформації при обміні повідомленнями між абонентами;
- мережу фототелеграфного (факсимільного) зв'язку для обміну між абонентами графічною і буквено-цифровою інформацією;
- мережу для передачі даних і сигналів дистанційного управління між пунктом зв'язку частини (ПЗЧ), центральним пунктом радіозв'язку (ЦПР), рухомим пунктом радіозв'язку, пунктом централізованої охорони (ПЦО);
- мережу сільського телефонного зв'язку, що складається із сукупності центральних, вузлових і кінцевих телефонних станцій, що працюють в автоматичному або ручному режимі й обслуговують як індивідуальних абонентів, так і абонентів ОВО, ПЦО, РАТС або ВАТС.

Радіозв'язок гарнізону МНС України включає радіомережі і радіонапрями, що разом утворюють загальну мережу радіозв'язку.

Радіомережа утворюється в тому випадку, коли на одній хвилі працюють три і більше радіостанцій. Робота радіомережі характеризується тим, що забезпечується можливість передачі повідомлень із ЦПР всім радіостанціям мережі одночасно, тобто циркулярно.

Радіонапряма є окремим випадком радіомережі й утворюється при роботі на одній хвилі тільки двох радіостанцій.

Схема радіозв'язку в гарнізоні МНС України організується з урахуванням місцевих умов, тактико-технічних можливостей застосовуваних радіостанцій й електромагнітної обстановки у місці розташування гарнізону.

Радіостанції МНС України підрозділяються на стаціонарні, возимі і носимі.

Стаціонарні радіостанції встановлюються в ЦПР, ПЗЧ, возимі - на основних і спеціальних пожежно-рятувальних автомобілях, а носимі - застосовуються особовим складом МНС України для організації зв'язку при ліквідуванні НС або їх наслідків.

Частіше усього радіозв'язок організується комбінованим засобом, коли в схему входять і радіомережі, і радіонапрями.

Нижче роздивимося особливості організації окремих видів зв'язку.

1.3.1 Організація зв'язку сповіщення

Зв'язок сповіщення забезпечує передачу і прийом повідомлень про виникнення НС від заявників і пристроїв автоматичної пожежної й охоронно-пожежної сигналізації.

Здійснюється зв'язок сповіщення за допомогою:

- міського та об'єктового телефонного зв'язку;
- електричної пожежної сигналізації;
- спеціального пожежного телефонного зв'язку.

Для забезпечення зв'язку сповіщення проводиться:

- з'єднання ПЗЧ із міською телефонною станцією вхідними з'єднувальними лініями, що призначені спеціально для прийому сповіщень про пожежі, аварії та стихійні лиха. За наявності в місті АТС зв'язок абонентів цієї телефонної станції з підрозділами МНС України здійснюється по лініях спецзв'язку "01";

- установка апаратури електричної пожежної сигналізації для прийому сповіщень з особливо важливих об'єктів, розташованих у районі виїзду частини;

- з'єднання прямими проводовими лініями із комутаторами органів внутрішніх справ і підрозділами позавідомчої охорони для прийому повідомлень про пожежі, аварії та стихійні лиха;

- з'єднання заявника із ПЗЧ по каналах радіозв'язку.

1.3.2 Організація оперативно-диспетчерського зв'язку

Оперативно-диспетчерський зв'язок організовується для забезпечення своєчасної передачі і прийому розпоряджень підрозділами для висилання сил і засобів для ліквідації НС, для централізованого управління силами і засобами.

Оперативно-диспетчерський зв'язок забезпечує:

- прямий телефонний і радіозв'язок центрального пункту зв'язку гарнізону (ЦПЗ) із пунктами зв'язку частин і загонів;
- телефонний і радіозв'язок ЦПЗ з підрозділами, що працюють на пожежі, аварії та ліквідуванні стихійного лиха;
- радіозв'язок центрального пункту радіозв'язку з пожежно-рятувальними автомобілями, автомобілями зв'язку й освітлення і оперативними автомобілями, що знаходяться на шляху проходження;
- прямий телефонний зв'язок із службами взаємодії.

1.3.3 Організація зв'язку на пожежі

Зв'язок на пожежі призначається для керування силами і засобами, забезпечення їхньої взаємодії й обміну інформацією.

Для керування силами і засобами на пожежі встановлюється зв'язок між керівником гасіння пожежі (КГП) і штабом пожежогасіння, начальником тилу (НТ), начальниками бойових ділянок (БД) і, за необхідності, із пожежними автомобілями.

Керування роботою підрозділів на бойових ділянках забезпечується застосуванням радіостанцій і гучномовних установок автомобілів зв'язку і освітлення, носимих радіостанцій, польових телефонних апаратів, переговорних пристроїв, електромегафонів.

Наприклад, застосовується електромегафон типу ЕМ-2, що призначений для посилення промови при короткочасній спрямованій передачі розпоряджень, команд і т.д. на відкритому повітрі й у великих закритих приміщеннях.

Основні технічні характеристики ЕМ-2:

• Робочий діапазон частот, Гц	300 ... 3000
• Номінальна вихідна потужність, Вт	4
• Середній стандартний звуковий тиск, Па	10
• Дальність спрямованої передачі, м	200 ... 300
• Напруга живлення, В	12
• Робочий інтервал температур, °С	-20 ... +40
• Габаритні розміри, мм	259x210x355
• Маса, кг	2.8

Електромегафон складається з рупора, мікрофона, корпусу, кришки, ручки, кнопки включення живлення.

Електродинамічний гучномовець із рупором, виконаним у формі акустичного лабіринту, кріпиться до корпусу за допомогою гвинтів, причому голівка електродинамічного гучномовця утоплена у середину корпусу. У корпусі розміщена дюралюмінієва панель, на якій змонтовані деталі підсилювача електромегафона. У верхній частині корпусу розташований відсік для розміщення в ньому гальванічних батарей.

Голівка гучномовця, деталі підсилювача і гальванічних батарей захищаються від механічних ушкоджень, забруднення і вологи за допомогою корпусу і кришки з гумовим ущільненням.

Ручка електромегафона служить для удержання його в робочому положенні і для повороту в потрібному напрямку. Розміщена в ручці кнопка призначена для вмикання мегафона. У верхній частині корпусу є гнізда, у які включається мікрофон ДЭМШ-1 (диференціальний електромагнітний мікрофон шумостійкий), причому закріплюється він через гумову прокладку.

Підсилювач звукової частоти (ПЗЧ) електромегафона транзисторний, трьохкаскадний. Перший і другий каскади попереднього підсилення виконані за схемою з загальною базою, а третій каскад - підсилювач потужності, зібраний на транзисторах середньої потужності за трансформаторною схемою.

При практичному використанні електромегафона варто мати на увазі, що мікрофон і рупор гучномовця розміщені точно по осі симетрії рупора; цим забезпечується відсутність виникнення оберненого звукового зв'язку між гучномовцем і мікрофоном.

При передачі промови необхідно стежити за тим, щоб мікрофон знаходився біля рота промовця на відстані приблизно 1-2 см, а рупор гучномовця був спрямований у бік передачі інформації.

Виникнення оберненого звукового зв'язку залежить не тільки від розташування мікрофона щодо гучномовця, але і від вибору місця для роботи з мегафоном. Місце передачі необхідно вибирати так, щоб поблизу рупора не було поверхонь, що відбивають звук від рупора в мікрофон.

Останнім часом знаходить застосування інший тип електромегафона. Це переносний електромегафон ЕМ-12, що призначений для голосної спрямованої передачі промови голосом (розпоряджень, команд і т.д.) і подачі сигналу типу “сирена” на відкритому просторі й у великих закритих приміщеннях.

Основні технічні характеристики ЕМ-12:

- | | |
|-------------------------------------|----------------|
| • Номінальна вихідна потужність, Вт | не менше 6 |
| • Напруга живлення, В | 16 |
| • Дальність передачі, м | не менше 300 |
| • Робочий інтервал температур, °С | -20 ... + 40 |
| • Габаритні розміри, мм | 279x418x345 |
| • Маса, кг | не більше 2.32 |

Електромегафон складається з рупора (акустичного пристрою), виносного мікрофона, корпусу, кришки, ручки і двох кнопок - вмикання живлення і “сирени” .

Акустичний пристрій електромегафона ЕМ-12 має більші лінійні розміри, ніж у електромегафона ЕМ-2.

У корпусі електромегафона розташовані підсилювач, генератор сигналу “сирена” і відсік для розміщення елементів живлення.

Всі деталі генератора сигналу “сирена”, підсилювача й елементи живлення за допомогою корпусу і кришки з ущільненням захищаються від механічних ушкоджень, вологи, пилу і бруду.

У ручці розташована кнопка вмикання живлення електромегафона, а поруч із нею - кнопка вмикання “сирени”. За відсутності сигналу “сирена” кнопка її вмикання не встановлюється.

Для зручності експлуатації електромегафона мікрофон виконаний зйомним (виносним), що дозволяє жорстко кріпити його на ручці електромегафона або користуватися ним на відстані до 2,5 м.

На корпусі виносного мікрофона встановлена кнопка вмикання живлення.

Електромегафон розрахований на роботу від мікрофона МДМ-7.

Електропідсилювач звукової частоти призначений для посилення електричних коливань, що надходять від мікрофона, до рівня, необхідного для нормальної роботи акустичного пристрою. Він виконаний на транзисторах.

Для забезпечення високого ступеня розбірливості мовного сигналу в підсилювачі використовується корекція його амплітудно-частотної характеристики і симетричне обмеження вихідного сигналу при перевантаженні підсилювача вхідним сигналом.

Для забезпечення високої енергетичної ефективності підсилювача його вихідний каскад працює в ключовому режимі (у режимі Д).

Генератор сигналу типу “сирена” зібрано на двох транзисторних мультівібраторах. У деяких модифікаціях електромегафона (ЕМ-12-02, ЕМ-12-03) цей генератор не встановлюється.

Для зручності носіння електромегафона служить ремінь, що закріплюється на корпусі й акустичному пристрої електромегафона.

Для взаємодії між бойовими ділянками, що працюють на ліквідації НС, встановлюється зв'язок між начальниками

бойових ділянок (підрозділів) і забезпечується тими ж засобами, що і керування роботою бойових ділянок. У тих випадках, коли застосовувати засоби зв'язку неможливо, використовуються сигнали керування відповідно до бойового статуту пожежної охорони.

Для забезпечення передачі і прийому інформації встановлюється:

- зв'язок між керівником гасіння пожежі, штабом пожежогасіння і ЦПЗ (ПЗЧ) за допомогою міської телефонної мережі або радіостанцій пожежних автомобілів, автомобілів зв'язку й оперативних автомобілів.

При цьому забезпечуються:

- обмін інформацією між ЦПЗ (ПЗЧ) і підрозділами МНС України, що знаходяться на бойових ділянках і на шляху проходження; передача повідомлень про установку і хід ліквідації пожежі, аварії або наслідків стихійного лиха; виклик додаткових сил і засобів;

- передача вимог керівника гасіння пожежі до служб взаємодії.

Керівник гасіння пожежі несе безпосередню відповідальність за організацію зв'язку на пожежі і зобов'язаний забезпечити дотримання всіма абонентами правил радіообміну при використанні засобів радіозв'язку на пожежі.

1.3.4 Організація адміністративно-управлінського зв'язку

Адміністративно-управлінський зв'язок призначається для забезпечення адміністративно-управлінської діяльності Головного управління (управління) МНС України.

Для адміністративно-управлінського зв'язку використовуються, як правило, міські і відомчі телефонні мережі зв'язку, радіомережі і радіонапрями. У разі потреби і не на шкоду виконанню оперативно-тактичних задач, для забезпечення адміністративно-управлінської діяльності іноді використовуються засоби оперативного зв'язку.

1.4 Організація пунктів зв'язку в гарнізоні

Зв'язок у гарнізоні МНС України організується шляхом створення розгалуженої мережі стаціонарних і рухомих пунктів (вузлів) зв'язку, що обладнані засобами зв'язку у відповідності до свого призначення. Такими пунктами є:

- центральний пункт зв'язку (ЦПЗ);
- пункт зв'язку загону (ПЗЗ);
- пункт зв'язку частини (ПЗЧ);
- рухомий вузол зв'язку.

Головною організуючою і керуючою ланкою служби зв'язку цивільного захисту є ЦПЗ, що забезпечує всі основні види зв'язку.

Центральний пункт зв'язку створюється в гарнізоні МНС України і населених пунктах із числом пожежно-рятувальних частин не менше двох.

ЦПЗ повинен виконувати такі функції:

- приймати сповіщення про пожежі, аварії та стихійні лиха;
- своєчасно направляти підрозділи МНС України на гасіння пожеж або ліквідацію наслідків аварій і стихійних лих, а в необхідних випадках - забезпечувати тимчасову передислокацію підрозділів і оповіщення керівного складу Головного управління (управління) МНС України;
- забезпечувати оперативно-диспетчерський зв'язок з підрозділами МНС України;
- передавати і приймати інформацію з місця бойової роботи підрозділів МНС України;
- забезпечувати надійний зв'язок як з особливо важливими об'єктами міста, так і зі службами взаємодії (міліція, швидка допомога, служба газу, енергослужби, водопровід);
- забезпечувати оперативне і точне урахування пожежної та аварійно-рятувальної техніки гарнізону, що знаходиться в базовому розрахунку, у резерві, на виконанні завдань;
- забезпечувати зв'язок Головного управління (управління) МНС України з підрозділами МНС України області.

На ЦПЗ гарнізону МНС України покладається прийом повідомлень про пожежі, аварії, стихійні лиха в області і висилання на ліквідацію їх наслідків сил і засобів сусідніх гарнізонів МНС України.

Для нормального функціонування ЦПЗ повинні мати такі приміщення: диспетчерський зал, апаратну, приміщення центрального пункту радіозв'язку, акумуляторну, агрегатну, технічну кімнату, кімнату відпочинку диспетчерів (якщо чергування цілодобове).

Диспетчерський зал - основне приміщення ЦПЗ, у якому розміщуються технічні засоби зв'язку і відображення інформації. До них відносяться:

- пульти оперативного зв'язку спецліній "01" і прямих телефонних ліній із пунктами зв'язку підрозділів МНС України, із службами взаємодії населеного пункту, із черговою частиною управління (міського відділення) внутрішніх справ, з особливо важливими об'єктами і найбільш пожежонебезпечними об'єктами;

- апаратура оповіщення особового складу, апаратура визначення номера абонента, що викликає спецлінію "01";

- апаратура магнітного запису для реєстрації усіх прийнятих і переданих повідомлень, часу прийому і передачі інформації;

- апаратура факсимільного (фототелеграфного) зв'язку;

- система резервного електроживлення;

- ксерокс для зняття копій документів.

У апаратній встановлюються крос, станиви пультів оперативного зв'язку, контрольні прилади, звукозаписуюча апаратура, зарядні і розподільні пристрої, підсилювачі оповіщення й іншої допоміжної апаратури.

Багатоканальна апаратура магнітного запису (магнітофони) встановлюється в окремому приміщенні. Вмикання магнітофонів повинно проводитися автоматично. На магнітній стрічці в обов'язковому порядку повинен фіксуватися час прийому і передачі повідомлень (розпоряджень). За наявності

служби єдиного часу реєстрація часу прийому проводиться автоматично по окремому каналу.

Центральний пункт радіозв'язку обладнується радіостанціями з розрахунку: одна радіостанція на кожен радіомережу. Для забезпечення надійного радіозв'язку необхідно мати не тільки резервні радіостанції, але і резервні радіомережі і радіонапрями.

Акумуляторна звичайно розташовується поблизу АТС і повинна мати посилену (а точніше примусову) вентиляцію. У акумуляторній розміщуються стелажі з акумуляторними батареями.

У агрегатній встановлюється резервний агрегат електроживлення.

У технічній кімнаті звичайно встановлюються лабораторні столи, контрольно-вимірвальна апаратура, верстат, шафи для збереження запасного майна.

Кімната відпочинку диспетчерів обладнується кріслами, столами, шафою, холодильником.

Пункт зв'язку загону організується й обладнується за принципом ЦПЗ.

Пункт зв'язку частини створюється при кожній частині МНС України і приймає повідомлення про пожежі, аварії та стихійні лиха (надходять від робітників об'єктів і від громадян), накази про виїзд сил на ліквідацію НС (надходять від диспетчера ЦПЗ), сповіщення про пожежі, аварії, стихійні лиха (надходять від сусідніх частин), висилає бойові розрахунки на ліквідацію НС, підтримує зв'язок із пожежною та аварійно-рятувальною технікою, що виїхали на ліквідацію наслідків НС, передає інформацію про НС до ЦПЗ, а також посадовим особам і організаціям.

Для якісного і надійного функціонування пункт зв'язку частини обладнується:

- комутатором, до якого залучені лінії міського (об'єктового) телефонного зв'язку, лінії прямих з'єднань з особливо важливими об'єктами і з ЦПЗ;

- радіостанціями, що забезпечують зв'язок із ЦПЗ і пожежними та аварійно-рятувальними автомобілями;
- установкою тривожної сигналізації;
- приймальними апаратами електричної пожежної сигналізації; часами й іншим необхідним приладдям.

Варто не забувати, що при керуванні бойовими діями підрозділів МНС України на людину покладається достатньо широке коло різних обов'язків.

Зі збільшенням технічної озброєності гарнізонів МНС України ускладнюються обов'язки диспетчерів, яким доводиться працювати з великим обсягом інформації. Аналіз статистичних даних показує, що значна частина викликів, що надходять до ЦПЗ (ПЗЧ), не містить корисної інформації. Це відбувається внаслідок помилок у наборі телефонних номерів, недосконалої устаткування телефонного зв'язку і т.д. Число викликів, що містять корисну інформацію, складає не більше 2%...3%.

Крім цього, варто враховувати, що виклики надходять протягом доби нерівномірно. Максимальна їхня кількість припадає на другу половину дня і вечірній час.

На працездатність диспетчерів впливає також колірне оформлення й освітленість приміщень, у яких вони несуть чергування. Відомо, що зелений, коричневий, блакитний і синій кольори діють на людину заспокоюючи. У робочих приміщеннях бажано використовувати перші два, а інші - в кімнатах відпочинку. Червоний і жовтогарячий кольори застосовуються як попереджуючі.

Для нормальної роботи операторів пунктів зв'язку підрозділів МНС України варто забезпечити таку освітленість поверхонь робочих місць, панелей, пультів і шкал приладів, що дозволить при невеликій стомленості цілком бачити необхідну інформацію. Освітлення повинно бути розсіяним, рівномірним і безтіньовим.

На працездатність оператора впливає також температура і вологість навколишнього середовища. При зміні параметрів мікроклімату людина відчуває сухість, жару, холод або вогкість, тобто дискомфортний стан, що призводить до зниження

її працездатності. Висока працездатність людини зберігається в зоні комфорту.

1.5 Дисципліна і правила ведення зв'язку

Дисципліна зв'язку - це точне і чітке дотримання особовим складом підрозділів МНС України встановленого порядку ведення обміну повідомленнями в мережах проводового і радіозв'язку.

Дисципліна зв'язку досягається:

- високими моральними якостями особового складу;
- знанням і чітким виконанням особовим складом правил установлення зв'язку, веденням реєстрації переговорів;
- точним виконанням вимог, викладених у документах, що регламентують експлуатацію засобів зв'язку;
- установленням діючого контролю за використанням засобів зв'язку за прямим призначенням.

Порушеннями дисципліни ведення зв'язку є:

- передача повідомлень, що не підлягають оголошенню;
- переговори приватного характеру;
- виклик абонента більше трьох разів протягом 1-2 хвилин;
- переговори з абонентами, що не називають своїх позивних;
- розголошення позивних і частот робочих каналів.

При виявленні порушень дисципліни ведення зв'язку відповідні посадові особи зобов'язані негайно провести розслідування, виявити причини порушень, покласти край виявленим порушенням дисципліни ведення зв'язку та вжити заходів до попередження їх повторення у майбутньому.

Обмін повідомленнями передбачає передачу і прийом телефонограм, радіограм, телеграм, графічних документів, сигналів, команд тощо.

Передача повідомлень повинна проводитися повільно, чітко, розбірливо. Говорити необхідно повним голосом, але не

кричати, тому що при цьому порушується чіткість і ясність передачі.

При поганій чутності і неясності передачі деякі слова з важкою вимовою передаються по буквах, причому кожна буква передається окремим словом відповідно до таблиці 1.1.

Передача цифрового тексту проводиться голосом з урахуванням таких правил:

- двозначні і тризначні групи передаються по дві або по три цифри відповідно (наприклад, 36 - тридцять шість; 125 - сто двадцять п'ять);

- чотиризначні і п'ятизначні групи передаються по дві та дві цифри і по дві та три цифри (наприклад, 2836 - двадцять вісім, тридцять шість; 28245 - двадцять вісім, двісті сорок п'ять).

Таблиця 1.1

Буква	Слово	Буква	Слово	Буква	Слово
А	Алла	Л	Леонід	Ц	Цапля
Б	Борис	М	Михайло	Ч	Чоловік
В	Василь	Н	Надія	Ш	Шура
Г	Григорій	О	Ольга	Щ	Щука
Д	Дмитро	П	Павло	Е	Еко
Є	Євдоха	Р	Роман	Ю	Юрій
Ж	Женя	С	Семен	Я	Яків
З	Зінаїда	Т	Тетяна	Ь	М'який знак
І	Іван	У	Уляна	Ъ	Твердий знак
Й	Іван стислий	Ф	Федір		
К	Костянтин	Х	Харитон		

Всі радіостанції зобов'язані працювати тільки на відведених їм частотних каналах. Робота на інших частотних каналах забороняється. Виняток складають випадки входження в радіомережі служб взаємодії. Позивні радіостанцій призначаються відповідно до чинних нормативних актів МНС України. Призначення довільних позивних категорично забороняється.

Центральні пункти радіозв'язку, здійснюючи радіоконтроль, повинні: систематично перевіряти виконання встановленого порядку використання засобів радіозв'язку; стежити за точним дотриманням правил радіообміну в радіомережах і радіонапрямах; вести спостереження за якістю роботи засобів радіозв'язку; виявляти радіостанції підрозділів МНС України, що виходять на зв'язок без дозволу або на довільних (невстановлених) робочих каналах; вивчати види радіоперешкод у діапазоні робочих частот.

Правила користування і дисципліна обміну інформацією у каналах міжміського телефонного зв'язку та телеграфного зв'язку Міністерства зв'язку України викладені у відповідних документах, що рекомендуються абоненту телеграфного апарата Міністерством зв'язку. Такі телеграфні апарати, як правило, встановлюються в ЦПЗ.

Контрольні питання

1. Як організується зв'язок у гарнізоні МНС України?
2. Яким документом керуються при організації зв'язку в гарнізоні МНС України ?
3. Розкрийте призначення зв'язку в гарнізоні МНС України.
4. Поясніть поняття “надійність зв'язку” і чим вона досягається.
5. Поясніть поняття “своєчасність зв'язку” і чим вона досягається.
6. Поясніть поняття “достовірність зв'язку” і чим вона забезпечується.
7. Поясніть поняття “пропускна здатність” і чим вона досягається.
8. Поясніть поняття “схованість зв'язку” і чим вона досягається.
9. Перерахуйте, що належить до засобів зв'язку.
10. Назвіть види зв'язку в МНС України.

11. Що містить у собі мережа проводового зв'язку гарнізону МНС України?
12. Що таке радіомережа і радіонапряма?
13. Призначення й організація зв'язку сповіщення.
14. Призначення й організація оперативно-диспетчерського зв'язку.
15. Призначення й організація зв'язку на пожежі.
16. Призначення й організація адміністративно-управлінського зв'язку?
17. Охарактеризуйте функції ЦПЗ.
18. Які приміщення повинен мати ЦПЗ?
19. Чим досягається дисципліна зв'язку?

2 ІНФОРМАЦІЙНІ ОСНОВИ ЗВ'ЯЗКУ

2.1 Зв'язок та його характеристики

Існують різноманітні види зв'язку, що призначені для передачі (обміну) інформації в аналоговій або дискретній формах.

Інформація - це сукупність визначених відомостей. Подання інформації у виді різноманітних знаків і символів називають повідомленням. Знаками або символами можуть бути букви, цифри, рисунки, форма коливань, температура і т.д.

Інформація, що передана по телеграфу, складається зі знаків у вигляді букв і цифр. При розмові по телефону повідомленням є сукупність різноманітних звуків, що переміняють один одного в часі й мають різноманітні інтенсивності звуково-го тиску.

На відміну від телеграфного, телефонне повідомлення несе не тільки значення інформацію, але й інформацію про тембр, інтонації й інші особливості промови абонента (відправника повідомлення).

Факсимільний (фототелеграфний) зв'язок забезпечує передачу нерухомих зображень за допомогою спеціальних перетворювачів.

При телевізійних передачах повідомлення укладене в різноманітному освітленні окремих елементів зображення, що змінюються в часі.

Джерелом і одержувачем інформації може бути людина, автомат, електронно-обчислювальна машина і т.п.

У загальному випадку односторонній зв'язок здійснюється в такий спосіб. Джерело інформації передає повідомлення, що надходить на передавач. Повідомлення перетворюється на електричний сигнал однозначно, тому на приймальній стороні сигнал повинен бути перетворений на повідомлення, що відповідає переданому.

Наприклад, текст телеграми (повідомлення) перетвориться телеграфним апаратом на кінці, що передає (передавачем), на чітко визначену послідовність імпульсів електричного струму, що впливають через лінію передачі на букводрукуючий апарат

на приймальному кінці (приймачі). Тут повідомлення відновлюється у вигляді тексту. Слід зазначити, що головною вимогою є тотожність (повний збіг) прийнятого і переданого повідомлень. У реальних умовах забезпечити виконання цієї вимоги повною мірою практично не вдається через перешкоди. Перешкоди, що створюють помилки у переданій інформації, можуть бути зовнішніми (наприклад, атмосферними, промисловими, спеціально створеними й ін.) і внутрішніми (наприклад, шумами електронних приладів, резисторів, з'єднувальних ліній і т.д.).

Лініями зв'язку, що з'єднують передавач і приймач, може бути або дротяна пара, або світловоди, або простір, у якому електромагнітні хвилі поширюються від передавача до приймача.

Структурну схему одностороннього зв'язку між двома абонентами зображено на рисунку 2.1. У загальному вигляді система зв'язку являє собою сукупність технічних засобів, що містять перетворювачі повідомлення в електричний сигнал і навпаки, передавач, приймач, а також лінію зв'язку, що забезпечує передачу і прийом повідомлення.

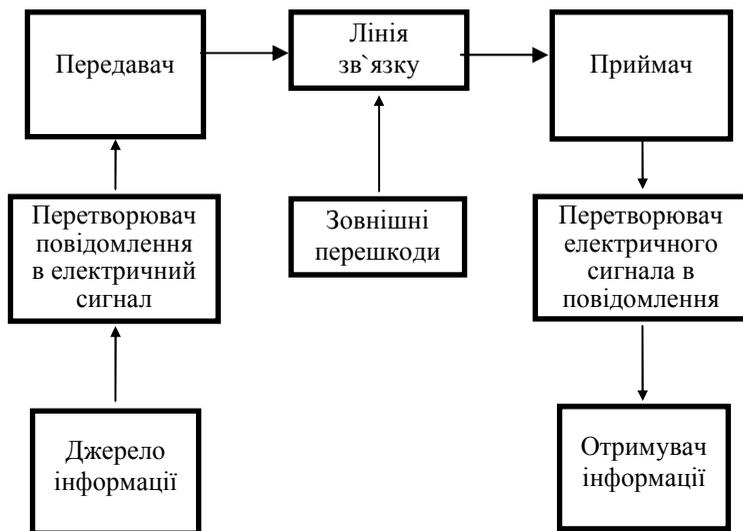


Рисунок 2.1 – Структурна схема одностороннього зв'язку

Основним елементом системи зв'язку є її мережа, завдяки якій забезпечується зв'язок між будь-якими двома абонентами. Звичайно, застосовується радіальна структура мережі, при якій абоненти визначеної територіальної групи з'єднані лініями зв'язку з комутаційним вузлом (КВ), а вузли - магістральними лініями, що мають відповідну пропускну здатність. Для забезпечення запасу живучості системи зв'язку у випадку виходу з ладу окремих ділянок мережі або перевантаження необхідно передбачити можливість проходження потоку інформації по обхідним шляхам (рис. 2.2).

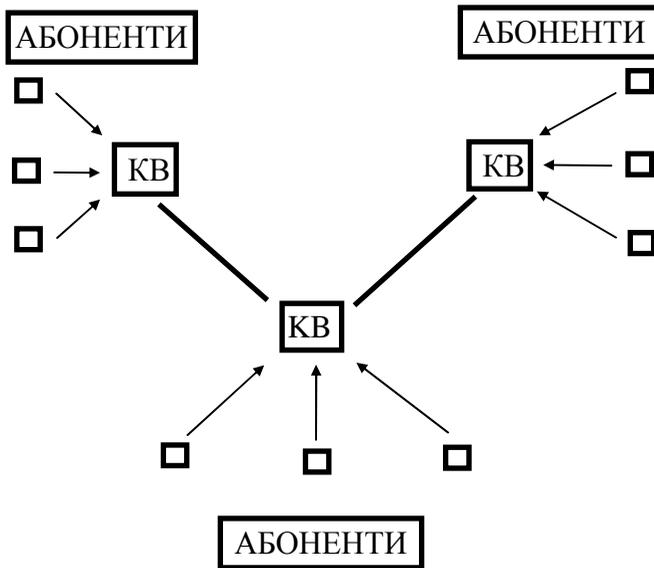


Рисунок 2.2 – Структура мережі зв'язку

Якість зв'язку характеризується наступними параметрами.

Достовірність (відповідність прийнятого повідомлення переданому) є однією з важливих характеристик якості зв'язку. Для різних засобів передачі інформації достовірність зв'язку визначається по-різному. Наприклад, достовірність передачі повідомлень по мережах телефонного і радіозв'язку кількісно

оцінюється артикуляцією (розбірливістю). Розбірливість при телефонному зв'язку визначають величиною загасання тракту між абонентами, рівнем шумів тощо, а при радіозв'язку - відношенням рівнів корисного сигналу і перешкоди і т.д.

Відомий загальний підхід до оцінки достовірності зв'язку полягає в тому, що за еталонний приймається певний рівень зв'язку. При його перевищенні реального поліпшення якості прийому не відбувається, а при рівні нижче еталонного якість зв'язку різко зменшується. Зниження якості зв'язку, як правило, призводить до збільшення часу на передачу інформації:

$$T = \frac{V_o}{c_o} \tau_y, \quad (2.1)$$

де V_o - вихідний обсяг переданої інформації;

c_o - швидкість передачі інформації, при якій забезпечується еталонна достовірність зв'язку.

τ_y - коефіцієнт, що враховує збільшення часу на передачу інформації;

$$\tau_y = \frac{1}{I_a (1 + 21,831g I_a)},$$

I_a - фразова артикуляція.

Достовірність передачі мовної інформації оцінюється за допомогою фразової артикуляції, тому що саме фрази містять у собі закінчені думки. Абоненти не зможуть зрозуміти один одного і розмова не відбудеться, якщо фразова розбірливість буде менше $I_a=0,9$. Для забезпечення заданої артикуляції при передачі промови по лініях зв'язку існують певні вимоги до припустимого значення загасання (ослаблення) переданих електричних сигналів.

При використанні гучномовного зв'язку (наприклад, при ліквідації наслідків НС) розбірливість промови оцінюється як:

- задовільна, якщо передача інформації повторюється декілька разів;

- добра, якщо фразова артикуляція більш 0,93;

- відмінна, якщо фразова артикуляція більш 0,97.

При передачі мовної інформації по радіоканалу фразова перебірливість характеризується відношенням рівня сигналу до рівня шуму на виході приймача.

При передачі телеграфних повідомлень і передачі даних достовірність зв'язку визначається коефіцієнтом помилок - середнім значенням відношення кількості неправильно прийнятих знаків до загальної кількості переданих. При передачі тексту звичайно є можливість усунути помилки за змістом, а при передачі цифрової інформації, якщо відсутні спеціальні пристрої, такої можливості немає. Збільшення часу на передачу цифрової інформації по телеграфних каналах обчислюється за формулою:

$$\tau_y = 1 + \frac{P}{P}, \quad (2.2)$$

де P - ймовірність появи помилки.

Для зменшення помилок при передачі цифрової інформації в повідомлення може вноситися певна надлишковість. У цьому випадку обсяг переданої інформації:

$$V_{\text{ПЕР}} = V_{\text{О}} + V_{\text{НАД}} + V_{\text{ПОВТ}} \quad (2.3)$$

де $V_{\text{О}}$ - вихідний обсяг переданої інформації;

$V_{\text{НАД}}$ - обсяг внесеної надлишковості;

$V_{\text{ПОВТ}}$ - обсяг повторно переданої інформації (при виявленні помилок на приймальній стороні).

Іншою не менш важливою, характеристикою зв'язку є **оперативна ефективність**. Це можливість передачі будь-якого повідомлення в заданий час $T_{\text{ПП}}$ (корисний час передачі) і з заданою величиною непродуктивних витрат часу $T_{\text{НП}}$. У зв'язку з тим, що цей показник залежить від ряду випадкових чинників:

кількості викликів, що надійшли, вільних і зайнятих приладів і з'єднувальних ліній, поводження абонентів, надійності апаратури і т.д., - вводиться ймовірний параметр, обумовлений відношенням

$$\frac{T_{\text{ПІ}}}{T_{\text{ПІ}} + T_{\text{НПІ}}} \quad (2.4)$$

З урахуванням виразу (2.4) оперативну ефективність зв'язку можна визначити через математичне очікування:

$$\varepsilon = \sum_{i=0}^{n-1} P_i \frac{T_{\text{ПІ}i}}{T_{\text{ПІ}i} + T_{\text{НПІ}i}} \quad (2.5)$$

де P_i - ймовірність появи i -го стану мережі зв'язку;

n - число можливих станів;

$T_{\text{ПІ}i}$, $T_{\text{НПІ}i}$ - відповідно, корисний час передачі інформації і непродуктивні витрати часу в i -му стані мережі зв'язку.

Варто підкреслити, що ця характеристика є особливо важливою для зв'язку в МНС України, де необхідно забезпечити високу оперативність у керуванні силами і засобами при ліквідації пожеж, аварій, наслідків стихійних лих.

Формула (2.5) характеризує оперативну ефективність зв'язку при заданому обсязі повідомлень, які підлягають передачі. Якщо ж задано час передачі інформації, то буде справедливим такий вираз:

$$\varepsilon = \sum_{i=0}^{n-1} P_i \frac{V_{\text{ПЕР}i}}{V_{\text{ПЕР}i} + V_i} \quad (2.6)$$

де $V_i = T_{\text{НПІ}i} c_i$ - обсяг повідомлень, що був би переданий за час $T_{\text{НПІ}i}$;

$V_{\text{ПЕР } i}$ - переданий (прийнятий) обсяг повідомлень (корисний обсяг);

c_i - поточна швидкість передачі інформації.

Час доставки інформації, як правило, є обмеженим, тому що перевищення часу певної величини може призвести до надзвичайно суттєвих втрат від НС.

Ще однією важливою характеристикою є **оперативність зв'язку**, що визначається як можливість того, що інформацію буде передано від відправника до одержувача за час, що не перевищує заданого:

$$P_{\text{ОП}} = P[(T_{\text{ПП}} + T_{\text{НП}}) \leq T_{\text{ОП}}], \quad (2.7)$$

де $T_{\text{ОП}}$ - задана величина часу, що визначає оперативність зв'язку;

P - ймовірність того, що інформація може бути передана протягом заданого часу.

При заданому часі $T_{\text{ОП}} \rightarrow \infty$ ймовірність $P_{\text{ОП}}$ наближається до одиниці, тобто:

$$P_{\text{ОП}} = P[(T_{\text{ПП}} + T_{\text{НП}}) < \infty] \approx 1$$

а при $T_{\text{ОП}} = 0$

$$P_{\text{ОП}} = P(T_{\text{ПП}} + T_{\text{НП}}) = 0,$$

тому що без втрат часу інформація не може бути передана.

Звідси виходить, що можливість передачі інформації за відрізок часу $T_{\text{ОП}} < (T_{\text{ПП}} + t_{\text{ТР}})$ дорівнює нулю, тобто

$$P_{\text{ОП}} = P[(T_{\text{ПП}} + T_{\text{НП}}) < (T_{\text{ПП}} + t_{\text{ТР}})] = 0, \quad (2.8)$$

де $t_{\text{ТР}}$ - час, необхідний для успішного рішення оперативних задач у даній ситуації.

Мінімальне значення можливості $P_{\text{ОП}}$, як правило, відповідає передачі інформації в мінімальні терміни (з умовними

втратами, що не перевищують t_{TP} , і при відсутності явних втрат):

$$P_{OPMIN} = P(T_{ПП} + t_{TP}). \quad (2.9)$$

З останнього виразу можна зробити висновок, що та система зв'язку є кращою, у якій ймовірність передачі інформації за мінімальний можливий час, за інших рівних умов, більша.

Дуже важливим для оперативного зв'язку в МНС України є параметр - **час цінності повідомлення** $T_{Ц}$.

Оскільки вся оперативна інформація в умовах організації ліквідації НС швидко старіє і втрачає свою цінність, то доцільно виконувати такі умови:

$$(T_{ПП} + T_{НП}) < T_{Ц} \quad \text{і} \quad T_{OP} \leq T_{Ц}. \quad (2.10)$$

Слід зазначити, що ефективність зв'язку тим вище, чим більше P_{OP} при меншому значенні заданої величини часу T_{OP} , що визначає оперативність зв'язку.

При оцінці повної ефективності мережі зв'язку шляхом уведення спеціального коефіцієнта варто враховувати не тільки кількість інформації I_i , що потрібно передати за визначений час роботи мережі, але і відстань між абонентами L_i :

$$K_{IL} = \sum_{i=1}^n I_i L_i \quad (2.11)$$

Повна ефективність системи зв'язку може бути визначена за формулою:

$$\epsilon_{пов} = \frac{K_{IL} K_K}{(1 - K_K) C_C}, \quad (2.12)$$

де K_K - коефіцієнт якості зв'язку;

C_C - сукупні економічні витрати на систему зв'язку.

На закінчення розгляду характеристик системи зв'язку відзначимо, що до числа важливих параметрів відноситься надійність технічних засобів системи зв'язку, тому її необхідно врахувати при визначенні повної ефективності системи зв'язку.

2.2 Сигнал, повідомлення та канал зв'язку

Повідомлення - це те, що підлягає передачі, а сигнал - деяке електричне збурення, що відображає повідомлення.

Повідомлення перетворюється в сигнал за допомогою трьох операцій:

- перетворення;
- кодування;
- модуляції.

Перетворення - це процес, при якому повідомлення (звичайно неелектричний сигнал) перетворюється на електричний сигнал.

Перетворення здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв.

Наприклад, у телефонному зв'язку звукові коливання промови (перемінний звуковий тиск) перетворюються на змінний електричний струм або напругу за допомогою мікрофона. У телебаченні в якості перетворювача "світло - електричний сигнал" служить електронно-променева трубка. Як правило, електричний сигнал, що відображає вихідне повідомлення, є низькочастотним коливанням.

У деяких випадках електричний сигнал може безпосередньо передаватися по лінії зв'язку (наприклад, у телефонному зв'язку). Для передачі цього сигналу по радіоканалу його необхідно перетворити у високочастотний сигнал.

Кодування - процес перетворення повідомлення шляхом побудови сигналу за визначеним принципом з використанням кодових комбінацій. Кодування визначає математичну сторону процесу перетворення повідомлення в сигнал.

Якщо повідомлення складається з окремих елементів (букв, цифр), то воно називається дискретним. Варто пам'ятати,

що передача дискретного повідомлення завжди може бути зведена до передачі послідовності чисел. Справді, при передачі деякого слова по буквах передаються не самі букви, а деякі символи, що, наприклад, можуть розглядатися як порядкові номери букв або взагалі умовно приписані їм числа. До цього звичайно зводиться будь-яка телеграфна абетка, тобто своєрідний телеграфний код.

Код - це набір комбінацій, що складені з різноманітних елементів. Під елементами коду розуміються елементарні сигнали, що відрізняються один від одного. Елементи коду відіграють ту ж роль, що і цифри в системі числення. Відмінність одного елемента від іншого повинна бути не формальною, а реальною. Наведемо приклад, як це відбувається при передачі інформації за допомогою імпульсів струму в телеграфії. У цьому випадку імпульси разом із паузами утворюють двоїстий код (1 - імпульс, 0 - пауза). Числа за двоїстою системою записуються за допомогою двох цифр (0 та 1):

Десяткова система 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Двоїста система 1 10 11 100 101 110 111 1000 1001 1010

Побудова коду визначається числом елементів коду. При побудові коду необхідно враховувати можливості каналу зв'язку, кодуєчих пристроїв і декодуєчих пристроїв оберненого перетворення.

Код Бодо, застосовуваний у телеграфії, використовує двоїстий код.

Код цей рівномірний, комбінації складаються з однакового числа елементів і мають однакову тривалість. Комбінації коду Бодо складаються з п'яťох елементів кожна. Декілька комбінацій цього коду приведені нижче:

Буква	А	Б	Г	Д	Е	Ж
Код	10000	00110	01010	11110	01000	00011

Форму струму в телеграфній лінії показано на рисунку 2.3а. Якщо є можливість змінювати напрямок струму, то можна використати позитивне і негативне посилення (елементи +1 та -1), як показано на рисунку 2.3б

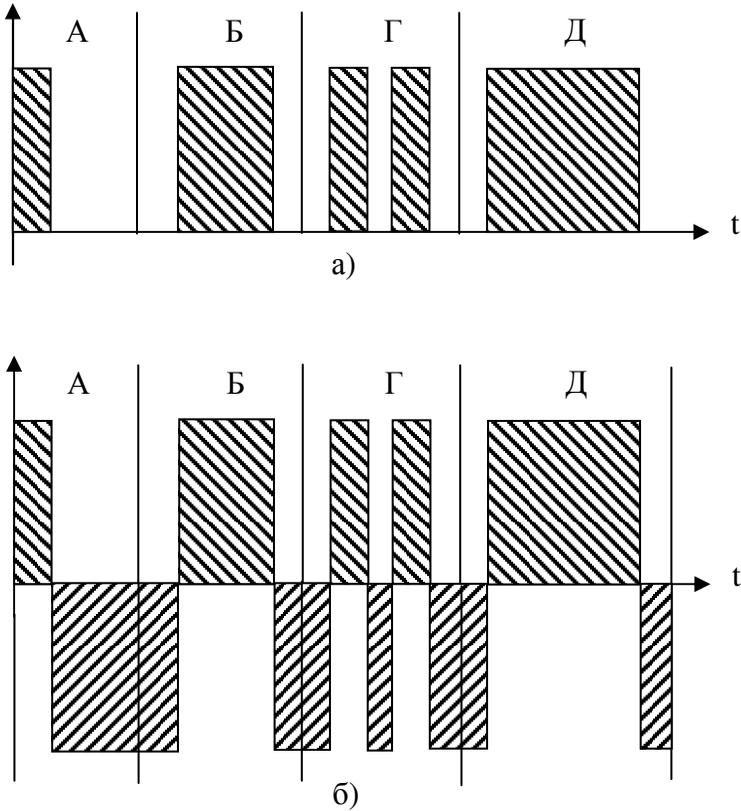


Рисунок 2.3 – Форма струму в телеграфній лінії
 а) позитивне посилання; б) позитивне і негативне посилання

За побудовою коди поділяються на систематичні і несистематичні.

У систематичних кодах є частина коду, що несе основну інформацію, і частина коду для виявлення і виправлення помилок, яка містить в собі контрольну інформацію.

Несистематичні коди будуються з використанням різноманітних методів комбінування їх елементів.

Коди бувають надлишкові та ненадлишкові.

У ненадлишкових кодах усі можливі кодові комбінації використовуються для передачі значеннєвої інформації. Перехід від ненадлишкового коду до надлишкового при використанні систематичних кодів здійснюється додаванням деяких контрольних позицій, що можна одержати за допомогою різноманітних логічних операцій або використанням детермінованих алгоритмів, що зв'язують надлишковий і ненадлишковий коди.

Особливість ненадлишкових кодів, у порівнянні з надлишковими, полягає в тому, що через відсутність надлишковості вони не спроможні виявляти помилку і тому не можуть бути використані для передачі інформації по каналах з перешкодами. Введення в код надлишковості дозволяє виправити помилки в кодї, а також підвищити перешкодостійкість при передачі інформації у реальних каналах зв'язку.

У електрозв'язку переносником сигналу є електричний струм, тому на сторонї, що передає, відповідно до повідомлення повинно впливати на параметри електричного струму. Цей вплив називається **модуляцією**.

У якості переносника інформації звичайно застосовуються синусоїдальні коливання високої частоти (зветься часто “несучою”). За допомогою модулювання амплітуди, частоти або фази цих коливань одержують амплітудну (АМ), частотну (ЧМ) і фазову (ФМ) модуляції.

Отже, модуляцію можна визначити як вплив на один із параметрів коливань відповідно до функції, що відображає передане повідомлення. На рисунку 2.4. показано повідомлення у видї прямокутного імпульсу і відповідні форми коливань для трьох видів модуляції.

Роздивимося вплив деяких видів модуляції на гармонійний сигнал.

При амплітудній модуляції впливу піддається амплітуда гармонійного коливання, що змінюється за часом відповідно до зміни низькочастотної напруги модулюючого повідомлення:

$$U_{AM} = U_o [1 + m \cos(\Omega t + \Psi)] \cos(\omega_o t + \varphi) \quad (2.13)$$

де U_o - амплітуда несучого гармонійного (високочастотного) коливання;

m - коефіцієнт модуляції ($m < 1$);

Ω, Ψ - частота і фаза низькочастотної модулюючої напруги;

ω_o, φ - частота і фаза несучого коливання.

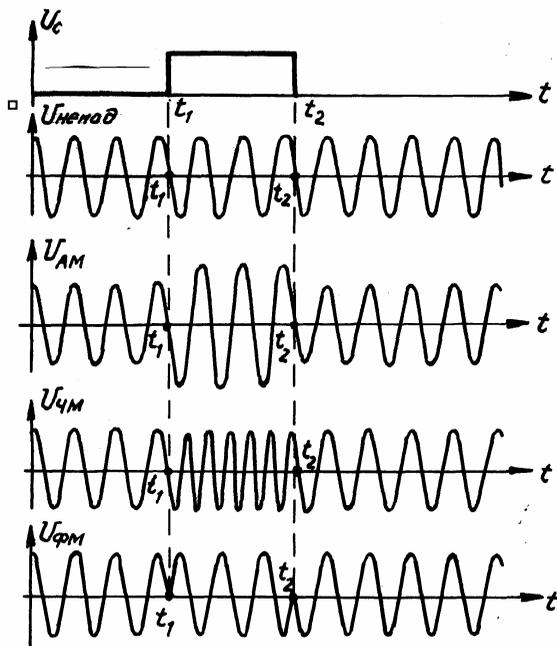


Рисунок 2.4 – Форма коливань для трьох видів модуляції
 АМ – амплітудна модуляція; ЧМ – частотна модуляція;
 ФМ – фазова модуляція

При фазовій модуляції сигнал являє собою коливання, амплітуда якого є постійною, а фаза змінюється за законом модуляції:

$$U_{ФМ} = U_o \cos \varphi(t) \quad (2.14)$$

де U_o - амплітуда сигналу;

$\varphi(t)$ - фаза, що змінюється за законом модуляції.

Варто нагадати, що зі зміною частоти сигналу завжди змінюється фаза і навпаки:

$$\varphi(t) = \int_0^t \omega(\tau) d\tau, \quad (2.15)$$

де $\omega(\tau) = \omega_0 + \alpha E_c(\tau)$;

α - коефіцієнт модуляції,

$E_c(\tau)$ - напруга, що модулює: $E_c(\tau) = E_m \cos \Omega \tau$;

E_m, Ω - амплітуда і частота модулюючої напруги.

Перепишемо вираз (2.15) з урахуванням модулюючої напруги і проінтегруємо його:

$$\varphi(t) = \int_0^t [\omega_0 + \alpha E_m \cos \Omega \tau] d\tau = \omega_0 t + \frac{\Delta \Omega}{\Omega} \sin \Omega t \quad (2.16)$$

де $\alpha E_m = \Delta \Omega$ - девіація частоти.

Відношення $\Delta \Omega / \Omega$ називають індексом модуляції і позначають Ψ_m . Поставивши (2.16) у вираз (2.14), одержимо вираз для частотно-модульованого сигналу:

$$U_{\text{ЧМ}} = U_0 \cos(\omega_0 t + \Psi_m \sin \Omega t) \quad (2.17)$$

У системах передачі дискретної інформації переносниками сигналів є послідовності імпульсів, тривалість τ_i яких звичайно багато менше періоду проходження T_0 , тобто $\tau_i \ll T_0$.

Відношення періоду проходження (повторення) імпульсів до їхньої тривалості - це шпаруватість. Чим більше шпаруватість $Q = T_0 / \tau_i$, тим менше енергія кожного імпульсу, в порівнянні з енергією безупинного сигналу (при однакових пікових значеннях).

Розміщаючи імпульси інших каналів у часових інтервалах між імпульсами першого каналу, збільшують об'єм переданої інформації.

Така система передачі називається передачею з часовим поділом каналів.

Послідовність однополярних прямокутних імпульсів характеризується такими параметрами:

U_0 - амплітуда імпульсу;

t - зсув часу щодо обраного початку відліку;

T_0 - період повторення (проходження) імпульсів;

τ_i - тривалість імпульсу.

Імпульсна модуляція полягає в зміні параметрів імпульсної послідовності переносника. У залежності від змінюваного параметра сигналу, розрізняють амплітудно-імпульсну (АІМ), широтно-імпульсну (ШІМ), фазово-імпульсну (ФІМ) і частотно-імпульсну модуляцію (ЧІМ).

Амплітудно-імпульсна модуляція має два різновиди (рис. 2.5):

а) відповідно до зміни модулюючої функції, змінюються амплітуда і форма кожного імпульсу;

б) змінюється тільки амплітуда імпульсів, а форма кожного імпульсу залишається незмінною.

Якщо при впливі модулюючої напруги змінюється тільки тривалість імпульсу, а інші параметри залишаються незмінними - то це широтно-імпульсна модуляція (рис.2.5; ШІМ).

При фазово-імпульсній модуляції змінюється тільки положення імпульсу на осі часу (рис. 2.5; ФІМ), а при частотно-імпульсній модуляції змінюється період проходження (частота повторення) імпульсів; інші параметри імпульсів при цьому залишаються незмінними (рис. 2.5; ЧІМ).

Демодуляція - це процес, при якому з високочастотного сигналу виділяється низькочастотний, тобто процес оберненої модуляції.

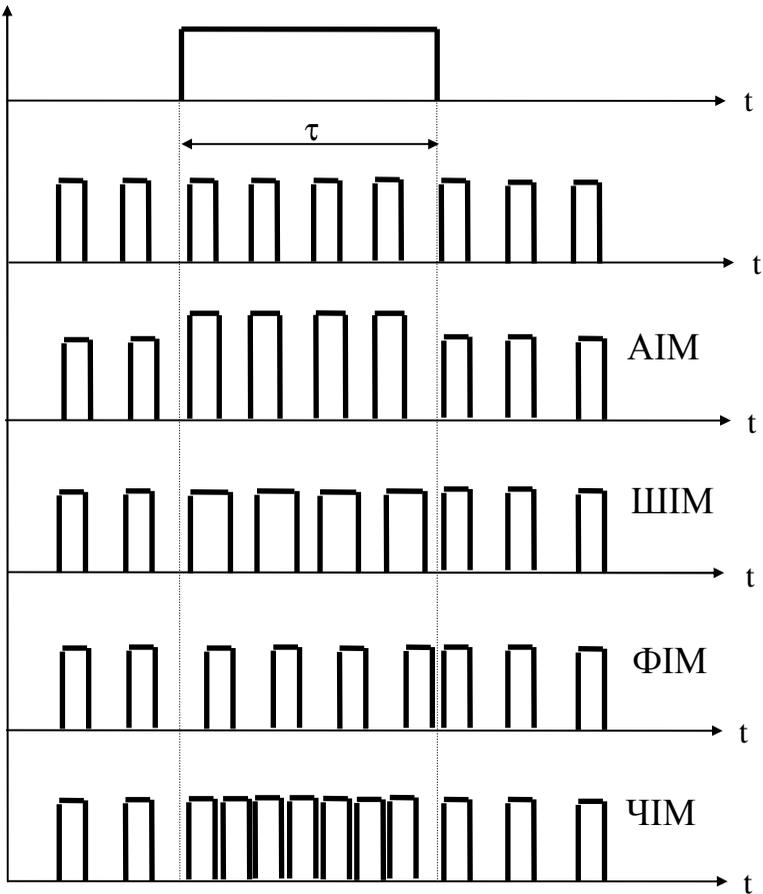


Рисунок 2.5 – Основні види імпульсної модуляції

Сигнал, що містить визначену інформацію, повинен передаватися від відправника до одержувача по каналу зв'язку, тобто транспортуватися. Техніка зв'язку і є технікою транспортування сигналу.

Сигнал як явище у часі, має початок і кінець, тобто тривалість. Тривалість сигналу T_c визначає інтервал часу, у межах якого він передається.

За ступенем певності розрізняють сигнали детерміновані і випадкові.

Детерміновані сигнали - це сигнали, значення яких є відомим в будь-які моменти часу.

Крім цього, сигнали поділяються на неперервні і дискретні.

Неперервний сигнал має різноманітні значення рівня на визначеному відрізку часу.

Дискретний сигнал задається кінцевим значенням рівня в заданий момент часу і визначається тривалістю у фіксовані моменти часу.

Однією з основних характеристик сигналу є його середня потужність P_C , що визначає силу сигналу. Сама по собі потужність сигналу не визначає властивості сигналу як переносника інформації, тому що необхідно враховувати реальні умови передачі сигналів за наявності перешкод. У зв'язку з цим, доцільно характеризувати силу сигналу не абсолютною його потужністю, а відношенням потужності сигналу до потужності перешкоди P_{II} :

$$H_c = \log \frac{P_c}{P_{II}}, \quad (2.18)$$

де P_c і P_{II} - середні потужності сигналу і перешкоди відповідно.

Величина H_c виражає відносний середній рівень сигналу над перешкодою.

Третьою характеристикою сигналу є ширина спектра F_C . Ширина спектра - це частотний діапазон (від F_H до F_B), у межах якого передається сигнал.

Ці параметри (T_C , H_c , F_C) можна уявити собі у виді відрізків визначеної довжини, відкладених паралельно до трьох координатних осей: часу, частоти і рівнів. Таким чином, сигнал може мати геометричне зображення у виді деякого об'єму тривимірного простору з ребрами T_C , H_c , F_C (рис. 2.6).

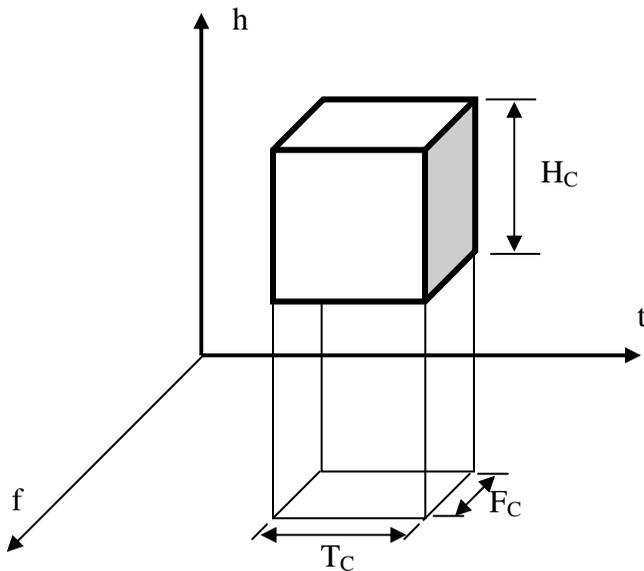


Рисунок 2.6 – Геометричне зображення сигналу

Добуток трьох параметрів сигналу - часу передачі сигналу T_C , ширини спектра частот F_C і середньої потужності сигналу H_C - називають об'ємом сигналу:

$$V_C = T_C H_C F_C . \quad (2.19)$$

Для передачі сигналу є необхідним канал зв'язку. Його теж можна охарактеризувати трьома аналогічними параметрами:

T_K - часом, протягом якого канал зайнятий передачею даного сигналу;

F_K - смугою частот, що канал здатен пропустити;

H_K - смугою рівнів, що залежить від припустимого навантаження апаратури каналу.

Добуток цих трьох параметрів

$$V_K = T_K F_K H_K \quad (2.20)$$

називається ємністю каналу.

Сигнал може бути переданий по каналу, якщо об'єм сигналу не перевищує ємності каналу

$$V_k > V_c.$$

Якщо ж $V_c > V_k$, сигнал буде переданий із спотвореннями.

Кожний канал зв'язку - складне технічне спорудження, що потребує великих фінансових витрат. Для збільшення пропускної здатності застосовують "ущільнення" лінії зв'язку, підвищуючи ефективність її використання. Одна з таких можливостей полягає в одночасній передачі по лінії зв'язку декількох каналів зв'язку. Такий зв'язок називається багатоканальним. Сигнали всіх каналів на попередньому пункті змішуються і надходять у лінію зв'язку. На приймальному пункті сигнали знову розділяються і перетворюються в незалежні повідомлення.

Для того, щоб на приймальній стороні із сукупності сигналів, що надходять із лінії зв'язку, виділити сигнал визначеного каналу, необхідно виконати операцію селекції (поділу) каналів. Для цього служать селектори (роздільники), залучені на виході лінії зв'язку.

Щоб сигнали різноманітних каналів можна було розділити, сигнали повинні мати відмітні ознаки (положення у часі, форму, частоту, фазу, рівень і т.д.).

При частотному поділі каналів у якості селекторів застосовуються фільтри, настроєні на частоти, що відповідають часотам, на яких передається інформація.

У системах із часовим поділом каналів для кожного джерела сигналу (інформації) виділяється визначений інтервал часу за допомогою комутаторів (перемикачів). Для синхронізації роботи перемикачів передається спеціальний сигнал.

На закінчення слід зазначити, що в багатоканальних системах зв'язку виникає, крім описаних вище, новий вид перешкод: перешкоди від сусідніх каналів, що обумовлені недосконалістю поділу.

2.3 Кількість інформації та перепускна здатність системи зв'язку

Припустимо, що при передачі інформації про якусь ситуацію є всього два слова: "добре" і "погано". Ці слова дають дуже загальну і неточну інформацію, тобто кількість відомостей у переданій інформації буде невеликою. Якщо ж для передачі повідомлення використовується велика кількість слів, ті ж слова "добре" і "погано" набагато точніше виражають зміст ситуації, про яку повідомляється.

Проаналізувавши різноманітні слова як можливі елементи повідомлення, можна зробити висновок, що кількість інформації залежить не тільки від кількості слів у тексті, але і від загального словникового запасу мови, з якого обрані слова для даного тексту.

При передачі зображення в телебаченні чим більше градацій яскравості, тим більшу кількість інформації можна одержати. Кількість інформації зростає з числом градацій яскравості. Іншими словами, чим більше об'єм сигналу, тим більшу кількість відомостей він може перенести від джерела інформації до одержувача.

Повідомлення складається, звичайно, із багатьох елементів. Позначимо число можливих елементів мови через m , а число елементів у повідомленні - через n .

Для передачі кожного елемента повідомлення робиться вибір із m елементів, а якщо повідомлення складається з n елементів, то число різноманітних комбінацій цих елементів буде:

$$N = m^n . \quad (2.21)$$

Цей вираз є прикладом визначення кількості інформації в повідомленні.

На практиці в якості міри кількості інформації частіше вибирають не саме число N , а деяку функцію від N : $I=F(N)$.

Функція I задовольняє умові: кількість інформації в повідомленні повинна бути пропорційною до числа елементів повідомлення n .

Якщо повідомлення в найпростішому випадку являє собою один символ, обумовлений вибором одного з двох можливих ("ТАК" або "НІ"), тобто коли $n = 1$ і $m = 2$, то можна записати:

$$f = \log_a N = \log_a m^n = \log_a 2 \quad (2.22)$$

Кількість відомостей, що ми одержуємо за таких умов, прийемо за одиницю. Це визначає вибір підстави логарифмів: кількість інформації звичайно прийнято виражати двоїстим логарифмом числа N . З огляду на це, кількість інформації в повідомленні можна записати:

$$I = \log_2 N = \log_2 m^n = n \log_2 m. \quad (2.23)$$

Таким чином, кожне посилання двоїстого коду несе одиницю кількості інформації.

Для випадку, коли сигнал являє собою послідовність модульованих за амплітудою (висотою) імпульсів з шпаруватістю одиниця, а число шаблів шкали рівнів сигналу дорівнює m , і всі рівні рівноймовірні, то кількість інформації можна представити як

$$I = \log_2 N = n \log_2 m, \quad (2.24)$$

де n - загальна кількість елементів повідомлення.

Варто пояснити, що поняття кількості відомостей не торкається змісту переданої інформації.

Вище відзначалося, що передану інформацію спотворюють перешкоди, додаючись до повідомлення. Перешкоди часто приносять відомості помилкові, які підлягають усуненню. Таке допущення дозволяє застосувати до оцінки і сигналу, і перешкоди однаковий кількісний критерій, який називають кількістю інформації.

Кількість інформації, що надходить на приймач і складається з сигналу і перешкоди, можна визначити:

$$I = I_C + I_{\Gamma}, \quad (2.25)$$

де I_C - кількість інформації в переданому сигналі;

I_{Π} - кількість інформації, перекрученої перешкодою.

Для того, щоб врахувати на приймальній стороні кількість тільки корисної інформації, необхідно відняти з загальної кількості інформації I кількість інформації, що спотворена перешкодою, тобто I_{Π} :

$$I_C = I - I_{\Pi} \quad (2.26)$$

Кількість корисних відомостей I_C можна виразити іншим співвідношенням:

$$I_C = F_C T_C \log_2(1 + P_C / P_{\Pi}), \quad (2.27)$$

де F_C - ширина спектра сигналу;

T_C - тривалість сигналу;

P_C і P_{Π} - відповідно середні потужності сигналу і перешкоди.

Гранична пропускна здатність системи зв'язку, тобто максимальна кількість інформації, яку може передати система в одиницю часу, визначається виразом:

$$C = \frac{I_C}{T_C} = F_C \log_2 \left(1 + \frac{P_C}{P_{\Pi}} \right) \quad (2.28)$$

Якщо потужність перешкоди зменшується, тобто $P_C \gg P_{\Pi}$, кількість відомостей можна розрахувати по формулі:

$$I_C = F_C T_C \log_2 \left(\frac{P_C}{P_{\Pi}} \right) = F_C T_C N_C. \quad (2.29)$$

Для того, щоб знизити рівень спотворень переданої інформації, необхідно отримати максимальне узгодження об'єму сигналу з ємністю каналу, а також швидкості видачі інформації джерелом з пропускною спроможністю каналу.

2.4 Обробка інформації та ентропія повідомлення

Інформація, як відомо, являє собою сукупність певних відомостей про будь-який об'єкт, явище або подію. Інформація, яка необхідна для керування, містить відомості, якими обмінюються керуюча система і керований об'єкт.

Ефективність керування підвищується за наявності достовірної, оперативної і достатньої інформації, що складається з документів - указівок, роз'яснень, розпоряджень, деякої сукупності сигналів і т.д. Одержання нової інформації про стан об'єкта, як було сказано вище, знижує цінність попередніх повідомлень, а іноді знецінює їх з погляду оперативного використання в процесі керування. У загальному випадку можна розглядати інформацію як міру усунення непевності у знанні про стан контрольованої події або процесу.

Джерела інформації можуть бути найрізноманітнішими. Вони бувають стаціонарними (статичними) і рухливими (динамічними) як у просторі, так і в часі.

За видом зосередження джерела повідомлень поділяються на зосереджені і розподілені в просторі і в часі. Джерела інформації бувають детерміновані і випадкові (ймовірні).

У якості прикладів стаціонарних джерел інформації можна назвати підрозділ МНС України, гарнізон МНС України, ЦПЗ, ПЗЧ, а в якості рухливих джерел інформації – аварійно-рятувальну машину на маршруті прямування, патрульний літак.

Інформація, що складається з документів, формул, таблиць, довідкових даних, називається семантичною. Природно, що тільки людина може зрозуміти семантичну інформацію.

Інформаційний процес включає:

- вибір інформаційних параметрів про будь-який об'єкт, явище, подію;
- перетворення відібраної інформації у форму, зручну для використання, або, іншими словами, формування повідомлень;
- запровадження перетвореної інформації в технічні пристрої для її подальшої обробки і передачі;
- передачу і прийом інформації;

- збереження і пошук інформації;
- реєстрацію інформації;
- відтворення інформації, тобто її відображення.

Пристрої, що забезпечують зазначені операції і сполучаються між собою відповідним чином, утворюють інформаційну підсистему в системі керування.

Існує спеціальна галузь знань, що займається питаннями одержання, передачі й обробки інформації і розглядає утворення повідомлення як деякий ймовірний процес. Ця галузь знань називається теорією інформації.

Якщо міра непевності знання для оцінки якогось об'єкта, події або явища зростає, то кількість інформації, необхідна для ухвалення рішення, повинна збільшитися.

Повідомлення корисно тим, що містить у собі певну інформацію. Якщо до прийому повідомлення ситуація для одержувача є невизначеною, то повідомлення для нього несе в собі значну кількість інформації, а якщо ж одержувач знає заздалегідь, про що буде повідомлення, то воно практично не несе ніякої інформації або одержувач витягне з повідомлення дуже мало.

Для оцінки кількості інформації, яка міститься в повідомленні (сигналі), необхідно оцінити повідомлення з погляду невизначеності, обумовленої його законом розподілу.

Кількісну міру невизначеності чергового повідомлення називають ентропією повідомлення. Ентропія, іншими словами, - це міра невизначеності інформації:

$$H = \frac{I}{n} = \frac{n \log m}{n} = \log m, \quad (2.32)$$

де I - кількість інформації;

m - число можливих елементів повідомлення (число символів мови);

n - число елементів у повідомленні.

Для двоїстої системи числення, тобто при $m = 2$, одиницею виміру кількості інформації й ентропії повідомлення є так звана двоїста одиниця, або 1 біт:

$$n = \log_2 2 = 1.$$

Одна двоїста одиниця ентропії пов'язана з невизначеністю вибору одного з двох рівноймовірних значень сигналу.

Поряд із бітом широко використовується більш значна одиниця - байт; при цьому 1 байт = 8 біт. При визначенні великих обсягів інформації користуються Кбіт, що дорівнює 2^{10} , тобто 1024 біт. Отже 1Кбіт = 1024 біт і 1Кбайт = 1024байт.

Ентропію можна визначити й у такий спосіб - це питома кількість інформації, що припадає на один елемент повідомлення. Для повідомлення з n елементів, при наявності даних про можливість здійснення події ентропія повідомлення визначається за формулою К. Шеннона

$$H = \frac{I}{n} = -\sum_{i=1}^m P_i \log P_i = \sum_{i=1}^m P_i \log \frac{1}{P_i} \quad (2.33)$$

де P_i - можливість настання i -го виходу даної події;

m - кількість можливих виходів даної події.

Якщо дані про можливість здійснення даної події відсутні, ентропію H можна визначити з урахуванням рівноймовірності здійснення цих подій. У цьому випадку формула К. Шеннона перетворюється на формулу Хартлі:

$$H = -\sum_{i=1}^m P_i \log P_i = -\sum_{i=1}^m \frac{1}{m} \log \frac{1}{m} = \log m. \quad (2.34)$$

Роздивимося такий приклад. У ящику знаходиться 1000 куль: 999 білих і одна чорна. Виймаємо кулю, передаємо повідомлення про її колір в якийсь визначений пункт прийому, кладемо кулю до ящика, перемішуємо кулі і повторюємо

процедуру. Можливості того, що буде вийнята біла або чорна куля, будуть дорівнювати відповідно $P_1=0,999$ і $P_2=0,001$. Кількість переданої інформації при цьому дорівнює:

$$\begin{aligned} I &= -(P_1 \log_2 P_1 + P_2 \log_2 P_2) = \\ &= -(0.999 \log_2 0.999 + 0.001 \log_2 0.001) = \\ &= 0.0014 + 0.0099 = 0.0113 \text{ біт.} \end{aligned}$$

Отже, заздалегідь прогнозувати, якого кольору буде вийнята куля, нескладно, бо ми майже упевнені в результаті, тому він несе практичну нульову інформацію.

Якщо ж у ящику було б 500 білих і 500 чорних куль, то заздалегідь прогнозувати, яка куля буде вийнята, дуже важко. У цьому випадку невизначеність максимальна, тому що можливості появи і білої, і чорної куль однакові, тобто $P_1=P_2=0,5$. Кількість отриманої інформації дорівнює:

$$\begin{aligned} I &= -(P_1 \log_2 P_1 + P_2 \log_2 P_2) = \\ &= -(0,5 \log_2 0,5 + 0,5 \log_2 0,5) = -\log_2 0,5 = 1 \text{ біт.} \end{aligned}$$

Чим більше апіорна невизначеність, тим більша кількість інформації утворюється при знятті її. У цьому випадку невизначеність є зручною мірою оцінки кількості інформації при дослідженні її властивостей.

Відзначимо основні властивості ентропії:

1. Ентропія є величиною дійсною, обмеженою і позитивною, тобто $H > 0$.

2. Ентропія є мінімальною і дорівнює нулю лише в тому випадку, якщо повідомлення відомо і можливість настання одного з його значень дорівнює одиниці. Такий сигнал не має невизначеності, тому що вірогідно відомо його єдино можливе значення:

$$H = H_{\text{MIN}} = 0 \quad (2.35)$$

3. Найбільшу ентропією має повідомлення з рівномірним законом розподілу можливостей, тобто повідомлення, що має найбільшу невизначеність здійснення (див. приклад із кулями).

Якщо всі стани елементів повідомлень рівноймовірні, тобто

$$P_1 = P_2 = \dots = P_i = \frac{1}{m},$$

то

$$H = H_{\text{МАКС}} = \log_2 m \quad (2.36)$$

4. Ентропія повідомлення, що складається з декількох повідомлень, дорівнює сумі ентропій складових його повідомлень.

Припустимо, що є повідомлення А та В із відповідними ентропіями $H(A)$ і $H(B)$. Ентропія повідомлення, що складається з повідомлень А і В, дорівнює

$$H(AB) = H(A) + H(B) \quad (2.37)$$

Ця властивість ентропії називається правилом додавання ентропій і добре узгоджується зі змістом ентропії як міри невизначеності. Дійсно, невизначеність повідомлення АВ повинна бути більше, ніж невизначеність окремих повідомлень А та В.

Правило додавання ентропій поширюється і на кількість повідомлень більше двох.

Відзначимо, що приріст інформації при прийомі елементарного повідомлення з ймовірністю P дорівнює:

$$I = \log(1/P) = -\log P, \quad (2.38)$$

тобто чим рідше включається контрольований об'єкт, тим більший приріст інформації утворюється при кожному його вмиканні. Виключений об'єкт дає нульову інформацію:

$$\lim_{P \rightarrow 0} [-\log(1 - P)] = 0, \quad (2.39)$$

а включений:

$$\lim_{P \rightarrow 0} [-\log P] = \infty . \quad (2.40)$$

Часто при організації системи керування необхідно мати справу з декількома джерелами інформації, що видають залежні або незалежні повідомлення. Припустимо, що є два джерела інформації.

Перше видає дані про контрольовану величину $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ із ймовірністю $P(\alpha_1), P(\alpha_2), \dots, P(\alpha_m)$. Інше джерело дає дані про контрольовану величину g_1, g_2, \dots, g_m із ймовірністю $P(g_1), P(g_2), \dots, P(g_m)$. Причому відомо, що величини взаємозалежні і цей зв'язок можна виразити за допомогою умовних ймовірностей. Так, ймовірність появи заданого параметра α_k визначається умовними ймовірностями $P(g_1/\alpha_k), P(g_2/\alpha_k), \dots, P(g_m/\alpha_k)$.

Якщо існує сильна статистична залежність, то визначеному стану α_k відповідає один стан із множини g , наприклад, g_i . У цьому випадку умовна ймовірність буде максимальною, тобто $P(g_i/\alpha_k) = 1$, а інші умовні ймовірності будуть дорівнювати нулю. Іншим α_k відповідають інші умовні ймовірності g .

Повна система умовних ймовірностей визначається матрицею, поданою таблицею 2.4.

Таблиця 2.4

α	g_1	g_2	...	g_i	...	g_n
α_1	$P(g_1/\alpha_1)$	$P(g_2/\alpha_1)$	...	$P(g_i/\alpha_1)$	...	$P(g_n/\alpha_1)$
α_2	$P(g_1/\alpha_2)$	$P(g_2/\alpha_2)$	...	$P(g_i/\alpha_2)$	...	$P(g_n/\alpha_2)$
...
α_i	$P(g_1/\alpha_i)$	$P(g_2/\alpha_i)$	...	$P(g_i/\alpha_i)$	...	$P(g_n/\alpha_i)$
...
α_m	$P(g_1/\alpha_m)$	$P(g_2/\alpha_m)$	...	$P(g_i/\alpha_m)$	...	$P(g_n/\alpha_m)$

Для деякого фіксованого α_k сукупність умовних ймовірностей визначає умовну ймовірність:

$$H\left(\frac{g}{\alpha_K}\right) = -\sum_{i=1}^m \left(\frac{g_i}{\alpha_K}\right) \log\left(\frac{g_i}{\alpha_K}\right), \quad (2.41)$$

яка характеризує інформативність повідомлень і після того, як з'явилася інформація про α_K .

Якщо статистичний зв'язок між подіями α і g сильний, умовна ентропія буде невеликою, і, навпаки, при слабкому статистичному зв'язку, - дуже значною.

Узагальнюючи умовну ентропію по всіх α_K , з урахуванням ймовірності появи кожного з $P(\alpha_K)$, визначимо загальну умовну ентропію повідомлень g щодо повідомлень α :

$$H\left(\frac{g}{\alpha}\right) = -\sum_{k=1}^m P(\alpha_k) P\left(\frac{g}{\alpha_k}\right). \quad (2.42)$$

Підставивши (2.41) у (2.42), одержимо:

$$H\left(\frac{g}{\alpha_K}\right) = -\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n P(\alpha_k) P\left(\frac{g_i}{\alpha_k}\right) \log\left(\frac{g_i}{\alpha_k}\right). \quad (2.43)$$

Відомо, що можливість спільної появи двох незалежних повідомлень α_K і g_i визначається за формулою:

$$P(\alpha_K, g_i) = P(\alpha_K) P\left(\frac{g_i}{\alpha_K}\right) \quad (2.44)$$

або

$$P(\alpha_K, g_i) = P(g_i) P\left(\frac{\alpha_K}{g_i}\right)$$

Підставимо у (2.43) рівняння (2.44) та отримаємо:

$$H\left(\frac{g}{\alpha}\right) = -\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n P(\alpha_k, g_i) \log\left(\frac{g_i}{\alpha_k}\right) \quad (2.45)$$

Основний зміст середньої умовної ентропії полягає в тому, що вона показує, яку ентропію дають повідомлення g , якщо уже відома ентропія повідомлень α .

Відзначимо основні властивості ентропії.

1. Якщо повідомлення α і g статично незалежні, то умовна ентропія повідомлень g щодо повідомлень α дорівнює безумовній ентропії повідомлень g :

$$H\left(\frac{g}{\alpha}\right) = H(g). \quad (2.46)$$

У цьому випадку вся інформація, що несуть повідомлення g , є новою стосовно інформації, що утримується в повідомленнях α .

2. Якщо повідомлення α і g щодо повідомлень α дорівнює нулю, тобто

$$H\left(\frac{g}{\alpha}\right) = 0 \quad (2.47)$$

Це означає, що повідомлення g не мають ніякої нової інформації, у порівнянні з тією, що вже утримується в повідомленнях α .

2.5. Математична модель ефективності оперативної інформації у системах управління ліквідацією надзвичайних ситуацій

Керування силами і засобами при ліквідації НС засновується, головним чином, на оперативній інформації, що містить відомості про стан об'єкта і яка надходить у систему керування. Ефективність керування залежить від повноти і якості оперативної інформації, яка повинна забезпечувати швидке,

стійке, безупинне і гнучке керування силами і засобами при ліквідації НС.

Надзвичайна ситуація, наприклад, пожежа може характеризуватися ознаками x_1, x_2, \dots, x_n , що відбивають як її власні властивості (розміри, фізико-хімічні властивості матеріалів), так і її відношення до зовнішнього світу (положення в просторі, швидкість поширення, матеріальний збиток тощо). Крім цього, пожежа може характеризуватися співвідношеннями $f_r(x_{1r}, \dots, x_{jr})$, де $x_{jr} \in \{x_j\}$, що визначають детерміновані або статистичні закономірності (або зв'язок) між окремими групами ознак.

Пожежа в якийсь визначений момент часу свого розвитку по кожній з ознак приймає значення $x_i(t)$, що лежить на деякому відрізку. Зміна самих же ознак може бути як детермінованою, так і випадковою.

Наприклад, якщо в момент часу t_0 ознака x_i пожежі мала значення $x_i(t_0)=a$, то в деякий момент часу $t_1>t_0$ вона буде мати значення $x_i(t_1) = b$, що відрізняється від $x_i(t_0)$:

$$x_i(t_1) = x_i(t_0) + \beta_i(t_1) \quad (2.48)$$

де $\beta_i(t_1)$ - показник зміни пожежі за i -ою ознакою, що характеризує саму пожежу й умови її існування.

Зміна значень окремих ознак пожежі в часі може бути охарактеризована ймовірністю $P_t(b/a)$ того, що ознака, яка має в момент t_0 значення a , у момент t_1 прийме значення b . Якщо відомі значення ознаки пожежі в момент t_0 і функція $P_t(b/a)$, то можна передбачити найбільш ймовірне значення ознаки в момент t_1 для прийняття необхідного (відповідного) рішення з гасіння пожежі.

З практики гасіння пожеж відомо, що для подання раціональних команд необхідно знати найбільш важливу сукупність параметрів (ознак) пожежі, яка визначає у поточному часі (тобто в реальному) номер виїзду пожежно-рятувальних підрозділів.

Отже, в оперативній інформації повинні міститися відомості про цю (найбільш важливу) сукупність параметрів із заданою (необхідною) точністю.

Вихідні дані про пожежу в момент часу t_0 можна представити n -мірним вектором із координатами $z_1(t_0), \dots, z_n(t_0)$. Припустимо, що параметр $z_i(t_0)$ приймає k_i дискретних значень, що визначаються з заданою точністю, і відображає дійсне значення ознаки $x_i(t_0)$ із деякою похибкою:

$$\varepsilon_i = x_i(t_0) - z_i(t_0). \quad (2.49)$$

Необхідно нагадати, що при передачі повідомлення на деяку відстань по каналу зв'язку через вплив на сигнал перешкод з'явиться додаткове спотворення ε_i' параметра $z_i(t_0)$.

Тому в момент часу $t_1 > t_0$ значення параметра $z_i(t_1)$ буде відрізнятися від значення цього параметра в момент часу t_0 :

$$z_i(t_1) = z_i(t_0) + \varepsilon_i'. \quad (2.50)$$

Оскільки параметри пожежі змінюються в часі, то в момент часу t_1 дійсне значення параметра $x_i(t_1)$ і інформація про цей параметр $z_i(t_1)$ будуть відрізнятися на деяку величину, що є помилкою і визначається як:

$$\delta_i(t_1) = x_i(t_1) - z_i(t_1) = \varepsilon_i + \varepsilon_i' + \rho_i(t_1), \quad (2.51)$$

де ε_i - похибка виміру параметрів, що залежить від методів і технічних засобів виміру і запровадження інформації до каналу зв'язку;

ε_i' - похибка за рахунок впливу перешкод на сигнал при передачі його до каналу зв'язку й обробці інформації;

$\rho_i(t_1)$ - зміна в часі параметрів пожежі.

Таким чином, загальну помилку можна представити вектором:

$$\bar{\delta}(t) = \{\delta_1(t), \dots, \delta_n(t)\}. \quad (2.52)$$

Якщо кожному параметру присвоїти визначений ваговий коефіцієнт C_i , то загальну помилку можна оцінити за допомогою такого співвідношення:

$$\bar{q} = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i \delta_i(t)]} \quad (2.53)$$

Цінність оперативної інформації для системи керування визначається кінцевим результатом керування:

$$\Pi(t) = \Pi \left[x(t), \bar{\delta}(t) \right]. \quad (2.54)$$

У тому випадку, коли керування гасінням пожежі здійснюється за одним параметром x_j , що може приймати N_j дискретних значень, то результат від використання повідомлень $z_j(t)$, що приймає одне з K_j дискретних значень, можна записати у виді матриці:

$$M = [\gamma_{b,s}], \quad (2.55)$$

де M - матеріальний ефект, одержуваний від керування в тому випадку, коли $x_j(t) = b$ і $Z_j(t) = s$.

Якщо відомі системи формування і доставки повідомлень про пожежу, а також її ймовірні характеристики, то цінність інформації про пожежу в момент часу t_1 можна записати в такий спосіб :

$$\Pi(t_1) = \sum_b \sum_s \left[\gamma_{b,s} \sum_a p(a) p_t \left(\frac{b}{a} \right) \rho_t \left(\frac{s}{a} \right) \right], \quad (2.56)$$

де $p(a)$ - можливість того, що $x_j(t_0) = a$;

$p_i(b/a)$ і $p_i(s/a)$ - перехідні можливості того, що при $x_j(t_0)=a$, у момент часу t_1 $x_j(t_1)=b$ та $z_j(t)=s$;

\sum_a, \sum_b, \sum_s - суми по всім можливим a, b, s .

Оскільки функція цінності повідомлення $\Pi_j(t)$ залежить від часу його доставки $\lambda_j(t)$, то ефективність системи керування E_C можна виразити через математичне очікування:

$$E_{Cj} = \int_0^{\infty} \Pi_j(t) \lambda_j(t) dt - C_{gj} V_j - C_{Bj}, \quad (2.57)$$

де C_{gj} - вартість доставки одиниці об'єму інформації;

C_{Bj} - витрати користувачів (включаючи втрати за рахунок затримки інформації в каналі зв'язку);

V_j - обсяг інформації, що передається.

Збільшити цінність переданої по каналу зв'язку інформації можна, підвищивши її достовірність. Проте, для цього, як правило, потрібно збільшення загального обсягу повідомлення ΔV і часу його доставки Δt , а також подорожчання доставки одиниці інформації на ΔC_g . У цьому випадку математичне очікування (2.57) ефективності системи керування можна представити у виді:

$$E_{Cj} = \int_0^{\infty} \Pi_j(t) \lambda_j(t + \Delta t) dt - (C_{gj} + \Delta C_{gj})(V_j + \Delta V_j) - C_{Bj}. \quad (2.58)$$

При організації гасіння значних пожеж звичайно використовується декілька потоків повідомлень (наприклад, n) із різноманітними функціями цінності інформації і можливостями часу її доставки. Для цього випадку математичне очікування ефективності системи керування матиме вид:

$$E_{Cj} = \sum_{j=1}^n \left[\int_0^{\infty} \Pi_j(t) \lambda_j(t) dt - C_{gj} V_j - C_{Bj} \right]. \quad (2.59)$$

У висновку слід зазначити, що різноманітні пожежі характеризуються різноманітними функціями втрат цінності оперативної інформації протягом часу.

Контрольні питання

1. Пояснити основні властивості умовної ентропії.
2. Пояснити, що таке оперативність зв'язку.
3. Пояснити, що таке оперативна ефективність зв'язку.
4. Пояснити основні властивості ентропії.
5. Запишіть і поясніть вираз для об'єму сигналу.
6. Поясніть, що таке ентропія і коли вона буде максимальною.
7. Поясніть, що таке ентропія і коли вона буде мінімальною.
8. Запишіть і поясніть вираз для ємності каналу зв'язку.

3 ОСНОВИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

3.1 Схеми радіозв'язку та її основні елементи

Радіозв'язок - вид зв'язку, що здійснюється з використанням радіохвиль, тобто це обмін інформацією між двома і більше абонентами за допомогою електричних сигналів, які переносяться електромагнітними коливаннями.

В основі радіозв'язку, як відомо, лежить формування у радіопередавачі високочастотних коливань, один із параметрів яких модулюється переданим (інформаційним) сигналом, поширення цих коливань (радіохвиль) у просторі й зворотне перетворення (детектування) у приймачі електромагнітних коливань у низькочастотну напругу, що відповідає переданому повідомленню.

У залежності від форми повідомлень, розрізняють телефонний, телеграфний або телевізійний радіозв'язок.

Нагадаємо стисло шлях проходження сигналів, наприклад, у системі телефонного радіозв'язку.

Мікрофон (електроакустичний перетворювач) перетворює звукові коливання в електричні коливання низької (звукової) частоти. Посилені коливання низької частоти впливають у модуляторі на один із параметрів (амплітуду, частоту або фазу) високочастотних коливань генератора високої частоти. Потім промодульовані високочастотні коливання посилюються, через фідерну лінію (коаксіальний кабель, хвилевід) подаються в антену і випромінюються в простір.

Конструкція і спеціальні форми антени, що передає, дозволяють направити радіохвилі у бік радіоприймального пристрою.

У радіоприймальному пристрої електромагнітні коливання приймаються приймальною антеною і посилюються підсилювачем радіочастоти, що настроюється на частоту випромінюваних електромагнітних коливань. Потім цей радіосигнал детектується, тобто перетворюється в низькочастотну напругу, що відповідає переданому повідомленню. Отримана після детектування напруга низької (звукової) частоти посилюється і

подається на динамік (або головні телефони), що перетворює його в звукові коливання.

Це приклад одностороннього радіозв'язку, тобто в одній точці абонент здійснює тільки передачу повідомлення, а в інший (або в інших, якщо їх декілька) - тільки прийом інформації. При двосторонньому радіозв'язку в кожній точці абонент повинен мати радіостанцію (передавач і приймач), тобто для здійснення двостороннього зв'язку потрібний подвійний комплект апаратури.

Двосторонній зв'язок, коли кожний абонент веде передачу або прийом тільки по черзі, називається **симплексним**. При цьому виді зв'язку передавач на час прийому інформації виключається. Кожна радіостанція працює на загальну антену, що переключається при передачі і прийомі відповідно на вхід передавача або приймача. Симплексний зв'язок застосовується при невеликих потоках інформації.

При значних потоках інформації застосовують **дуплексний** радіозв'язок, при якому прийом і передача інформації ведуться одночасно. У цьому випадку кожний радіопередавач і радіоприймач мають свої антени і працюють на різних частотах. На вході радіоприймача, як правило, встановлюють спеціальні фільтри, що не пропускають коливання радіочастоти власного передавача.

Дуплексний радіозв'язок характеризується великою оперативністю і високою пропускнуною спроможністю.

У цілому радіозв'язок перед проводовим зв'язком має ряд переваг:

- швидке розгортання практично на будь-якій місцевості й у будь-яких умовах;
- можливість передачі різноманітних повідомлень практично будь-якій кількості абонентів;
- можливість зв'язку з рухомими об'єктами;
- висока оперативність і живучість.

3.2 Розповсюдження електромагнітних хвиль у вільному просторі

Передача сигналів у системах радіозв'язку здійснюється за допомогою електромагнітних хвиль, що, як відзначалося вище, випромінюються спеціальною направляючою системою - антеною.

Відомо, що зміна в часі і просторі електромагнітного поля описується рівняннями Максвелла.

У цих рівняннях змінними є електричне поле E та магнітне поле H . Ці поля взаємозалежні, а параметри E та H , що характеризуються не тільки абсолютною величиною, але і напрямком у просторі, є векторами.

У інтегральній формі перше рівняння Максвелла можна записати так:

$$\oint_L H dL = \int_S \delta dS + \int_S \frac{dD}{dt} dS \quad (3.1)$$

де \vec{H} - вектор напруженості магнітного поля;

L - замкнутий контур, по якому циркулює вектор \vec{H} ;

$\vec{\delta}$ - вектор щільності току;

\vec{D} - вектор електричної індукції;

S - поверхня, що спирається на контур L .

Циркуляція вектора напруженості магнітного поля \vec{H} по будь-якому замкнутому контуру L дорівнює сумі струму провідності, що пронизує довільну поверхню S , і струму, що обумовлюється швидкістю зміни потоку вектора електричної індукції \vec{D} через цю поверхню S .

Фізичний зміст першого рівняння Максвелла: якщо в деякій точці простору змінюється в часі електричне поле E , тобто змінюється за величиною довжина вектора E , то в тій же точці у площині, перпендикулярній вектору E , виникає вихрове магнітне поле H .

Іншими словами, магнітне поле створюється або електричними зарядами, що рухаються, або змінним електричним полем, або їхньою спільною дією.

Друге рівняння Максвелла в інтегральній формі можна записати у наступному вигляді:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} d\vec{s}, \quad (3.2)$$

де \vec{E} - вектор напруженості електричного поля;

\vec{B} - вектор магнітної індукції; інші позначення пояснені у формулі (3.1).

Циркуляція вектора напруженості електричного поля \vec{E} уздовж довільного замкнутого контуру L визначається швидкістю зміни потоку вектора магнітної індукції H через поверхню S , обмежену даним контуром.

Фізичний зміст другого рівняння полягає в тому, що джерелом електричного поля є не тільки електричні заряди, але і змінне у часі магнітне поле.

Знак "мінус" у рівнянні (3.2) показує, що магнітний потік крізь поверхню, обмежену замкнутим контуром, перешкоджає зміні магнітного потоку, викликаного появою індукційного струму. Це впливає з правил Ленца.

Напруженість електричного поля E вимірюється у вольтах на метр (В/м), а напруженість магнітного поля H - в амперах на метр (А/м).

Оскільки зміна електричного поля викликає таку ж зміну магнітного поля і навпаки, то при синусоїдальному сигналі поля E та H також будуть змінюватися за синусоїдальним законом, але у взаємно перпендикулярних площинах.

Вектори електричного поля \vec{E} розташовані у вертикальній площині, а вектори магнітного поля \vec{H} - у горизонтальній. Ці

вектори перпендикулярні вектору \vec{I} - вектору Умова-Пойтінга. Довжина цього вектора відповідає кількості електромагнітної енергії, що переноситься радіохвилями, та дорівнює векторному добутку векторів електричного та магнітного полів:

$$\vec{I} = \vec{E} \times \vec{H} \quad (3.3)$$

Напрямок вектора щільності потоку електромагнітної енергії збігається з напрямком поширення радіохвиль.

По мірі віддалення від антени радіопередавача щільність потоку енергії радіохвилі зменшується:

$$I = \frac{P_{\text{випр}}}{4\pi R^2} \quad (3.4)$$

де $P_{\text{випр}}$ - потужність, що випромінюється антеною;

R - відстань до випромінювача (антени).

Максимальна потужність, що випромінюється антеною, може бути досягнута за умови рівності частоти генератора високої частоти і частоти власних коливань антени (відкритого контуру).

Інтервал між двома максимумами або мінімумами поля E або H залежить від частоти коливання f . Тому електромагнітні хвилі характеризуються частотою коливань f або довжиною хвилі λ . Електромагнітні хвилі поширюються в просторі зі швидкістю світла $c=3 \cdot 10^8$ м/с.

Довжиною хвилі λ називається відстань, що проходить електромагнітне поле за один період коливань струму в антені. Довжина хвилі визначається за формулою:

$$\lambda = c/f, \quad (3.5)$$

де c - швидкість поширення електромагнітних хвиль (швидкість світла);

f - частота коливань струму в антені.

Як очевидно з формули (3.5), довжина хвилі і частота коливань обернено пропорційні величини, тобто чим більше частота, тим менше довжина хвилі і навпаки. Частота коливань виражається в герцах (Гц), кіло- (кГц), мега- (МГц) та гигагерцах (ГГц).

При поширенні радіохвиль від передавача до приймача необхідно враховувати наявність земної або водяної поверхонь, а також наявність іоносфери, що змінює свої параметри під дією сонячних і космічних променів. Радіохвилі заломлюються і поглинаються в іоносфері тим більше, чим вище ступінь її іонізації і чим більше довжина хвилі.

Зміна параметрів іоносфери впливає, по-перше, на добові і сезонні зміни умов поширення радіохвиль і, по-друге, на умови поширення радіохвиль різних діапазонів.

Радіохвилі можуть поширюватися двома шляхами:

– безпосередньо над земною (водяною) поверхнею (земні або поверхневі хвилі);

– відбиваючись від іоносфери (відбиті або просторові хвилі).

Фактично ж радіохвилі не відбиваються від іоносфери, а заломлюються в ній. Це явище одержало назву **рефракції**.

Понаддовгі (ПДХ) і довгі (ДХ) хвилі поширюються як земною (поверхневою), так і просторовою (відбитою) хвилею. У діапазонах ПДХ і ДХ хвилі мають велику довжину, вони добре огинають земну поверхню і перешкоди на ній.

У залежності від потужності і довжини хвилі (частоти) передавача, поверхнева хвиля, починаючи з деяких відстаней, поглинається і далі поширюється тільки просторова хвиля. Для забезпечення радіозв'язку на великі відстані необхідно використовувати потужні радіопередавачі і громіздкі антени, розміри яких повинні бути відповідними до довжини хвилі.

Понаддовгі і довгі хвилі характеризуються незначною залежністю від стану іоносфери, часу доби і року. Проте вночі і взимку ПДХ і ДХ поширюються краще, ніж вдень і влітку.

Основними джерелами перешкод у цих діапазонах є грозові розряди і промислові перешкоди.

Середні хвилі (СХ) сильніше, ніж довгі і понаддовгі, поглинаються земною поверхнею та іоносферою. Відбита хвиля вдень і, особливо, влітку поглинається щільними шарами атмосфери, що лежать високо над поверхнею землі, тому радіозв'язок на середніх хвилях у цей час забезпечується поверхневою хвилею. Чим менше довжина хвилі, тим менше дальність радіозв'язку. Вона значно менше, ніж на ДХ і ПДХ, причому над водною поверхнею, де провідність поверхні більше, вона більше, ніж над землею.

Вночі і взимку радіозв'язок можна проводити також із використанням просторової хвилі.

У діапазоні середніх хвиль спостерігаються ненавмисні перешкоди, викликані великою кількістю працюючих у цьому діапазоні радіостанцій. Крім цього, в діапазоні СХ на якість роботи радіоліній впливають промислові й атмосферні перешкоди.

У діапазоні коротких хвиль (КХ) радіозв'язок забезпечується, в основному, просторовою хвилею (за рахунок рефракції в іоносфері).

Поверхневі хвилі в цьому діапазоні гірше огинають перешкоди і великою мірою поглинаються земною поверхнею. Дальність поширення поверхневих коротких хвиль не перевищує ста кілометрів (зона дії поверхневих хвиль). Ширина зони мовчання, що залежить від довжини хвилі і потужності передавача, часу року і доби, може досягати декількох сотень кілометрів. Далі знаходиться зона дії просторових хвиль.

Підвищення ефективності використання просторових хвиль досягається за рахунок того, що робоча частота повинна бути, по-перше, менше деякої граничної частоти відбиття від іоносфери і, по-друге, дещо вище граничної частоти поглинання в іоносфері.

У діапазоні КХ, у залежності від часу доби і року, а також циклів сонячної активності, існують оптимальні значення довжин хвиль. Так, удень це хвиля довжиною 10...25 м, а вночі - 30...70 м. Взимку звичайно використовуються хвилі дещо більш довгі, ніж влітку.

Короткі хвилі дозволяють забезпечити радіозв'язок на значні відстані навіть при невеликій потужності передавачів. Багаторазово відбиваючись від іоносфери і земної поверхні, короткі хвилі можуть обігнути земну кулю.

У діапазоні КХ працює велика кількість радіостанцій, у тому числі і для забезпечення радіозв'язку в підрозділах МНС України. Основним видом перешкод у цьому діапазоні є ненавмисні, що створюються великою кількістю передавачів, одночасно працюючих у короткохвильовому діапазоні.

Ультракороткі хвилі (УКХ) практично не відбиваються від іоносфери, а надійний зв'язок у цьому діапазоні можливий лише на відстані прямої видимості.

Дальність радіозв'язку істотно залежить від висоти антен:

$$D = 3,56(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (3.6)$$

де D - максимальна відстань між антенами, км;

h_1, h_2 - висота антени передавача та приймача відповідно, м.

З урахуванням нормальної рефракції ця відстань дещо зростає і визначається за формулою:

$$D = 4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (3.7)$$

При висоті антен $h_1 = h_2 = 12$ м максимальна дальність радіозв'язку дорівнює $D=32$ км.

Ультракороткі хвилі сильно поглинаються земною поверхнею і місцевими предметами, оскільки практично не огинають перешкод.

Поширення хвиль в УКХ діапазоні слабо залежить від часу року і доби. Основними перешкодами тут є власні шуми радіоприймального пристрою.

В УКХ діапазоні достатньо нескладно здійснити направлене випромінювання електромагнітної енергії, а це дає можливість вести радіозв'язок за допомогою малопотужних

радіопередавачів. У підрозділах МНС України широко застосовуються радіостанції УКХ діапазонів.

Відкриття явища розсіювання УКХ від неоднорідностей тропосфери й іоносфери дозволило збільшити дальність передачі радіохвиль у десятки разів. Дальність зв'язку залежить від висоти, на якій відбувається розсіювання ультракоротких хвиль. У тропосфері розсіювання радіохвиль відбувається на висотах 10...12 км, і це дозволяє забезпечити зв'язок на відстані до 600 ... 900 км. Цей вид зв'язку називається **тропосферним зв'язком**. На неоднорідностях іоносфери радіохвилі розсіюються на висоті 80 ... 120 км, а дальність іоносферного радіозв'язку збільшується до 2000 ... 2200 км.

У дециметровому, сантиметровому і міліметровому діапазонах поширення радіохвиль здійснюється в межах прямої видимості і дальність радіозв'язку визначається за допомогою формул (3.6) та (3.7).

Застосовуються ці хвилі в радіолокації, у радіорелейному і супутниковому зв'язку, а також для інших спеціальних цілей.

3.3 Антено-фідерні пристрої

Як відомо, в радіопередавачах і радіоприймачах відбуваються процеси перетворення електричної енергії в енергію електромагнітного поля й навпаки. Ці процеси здійснюються за допомогою антен.

Антени різняться діапазоном робочих частот, діаграмою спрямованості, коефіцієнтом підсилення, принципом дії, конструкцією.

Антени застосовуваних у підрозділах МНС України радіостанцій повинні відповідати вимогам, що обумовлені специфікою роботи оперативних підрозділів: мати малі габарити і великий коефіцієнт корисної дії; однаково добре працювати на передачу і на прийом; рівномірно випромінювати у всі сторони електромагнітну енергію.

Від правильного вибору й узгодження антено-фідерного пристрою з радіостанцією залежить якість і дальність радіозв'язку.

У УКХ радіозв'язку найбільш широко застосовуються антени, які діють за принципом **симетричного вібратора**. Уздовж симетричного вібратора укладається половина хвилі струму і напруги (рис. 3.1а), причому довжина вібратора дорівнює $l = \lambda/2$. Такий вібратор називають напівхвильовим, і випромінює він радіохвилі з неоднаковою інтенсивністю в різноманітних площинах. Про спрямованість дії будь-якої антени дає уявлення спеціальний графік, що показує залежність напруженості електромагнітного поля від напрямку випромінювання. Цей графік називається діаграмою спрямованості антени.

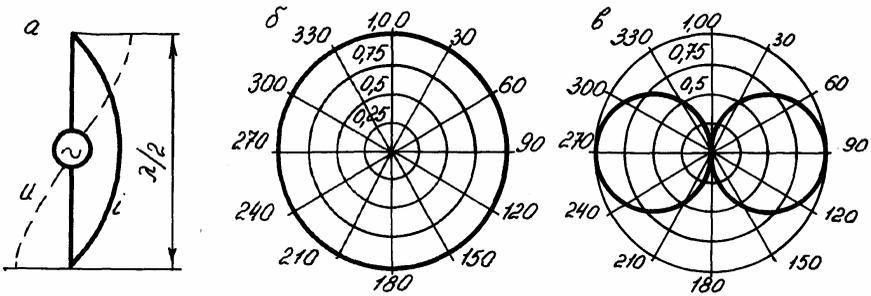


Рисунок 3.1 – УКХ антенна, яка діє за принципом симетричного вібратора:

а) напівхвильовий симетричний вібратор; б) діаграма спрямованості у горизонтальній площині; в) діаграма спрямованості у вертикальній площині

Діаграма спрямованості напівхвильового вібратора в горизонтальній площині являє собою окружність (рис.3.1, б), тобто вібратор у горизонтальній площині є неспрямовану антенною. У вертикальній площині вібратор випромінює неоднаково в різних напрямках (рис. 3.1, в). Перпендикулярно до осі вібратора йде максимум випромінювання, а уздовж осі випромінювання немає.

В ультракороткохвильовому радіозв'язку поряд із симетричним вібратором знаходить достатньо широке застосування і **несиметричний вібратор**.

Такий вібратор утвориться, якщо одну частину симетричного вібратора прибрати, а кінець, що звільнився, (вихід генератора) з'єднати з землею.

При цьому довжина вібратора буде дорівнювати чверті власної довжини хвилі: $l = \lambda/4$, а самий вібратор одержав назву заземленого або несиметричного. Розподіл струму і напруги в несиметричному вібраторі показано на рисунку 3.2, а. Діаграми спрямованості в горизонтальній і вертикальній площині чвертьхвильового вібратора зображені на рисунку 3.2, б, в. У горизонтальній площині несиметричний вібратор являє собою неспрямовану антену.

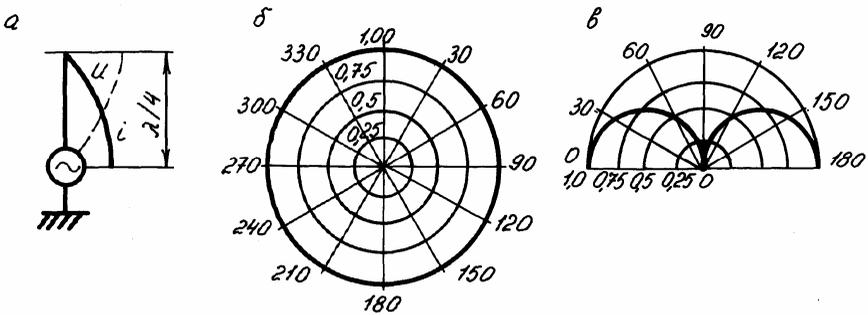


Рисунок 3.2 – УКХ антенна, яка діє за принципом несиметричного вібратора:

а) чвертьхвильовий симетричний вібратор; б) діаграма спрямованості у горизонтальній площині; в) діаграма спрямованості у вертикальній площині

До основних параметрів антени відносяться:

- діаграма спрямованості;
- коефіцієнт спрямованої дії;
- коефіцієнт підсилення;
- коефіцієнт корисної дії;
- вхідний опір антени;
- висота (довжина) антени.

Діаграма спрямованості - це залежність напруженості електромагнітного поля від напрямку випромінювання.

Коефіцієнт спрямованої дії (КСД) показує, у скільки разів необхідно збільшити потужність випромінювання при переході від спрямованої антени до неспрямованої, щоб у точці прийому напруженість поля залишилася незмінною. Неспрямована антена рівномірно випромінює радіохвилі у всі сторони.

Коефіцієнт підсилення антени показує, у скільки разів потрібно зменшити потужність передавача при переході до спрямованої антени від неспрямованої, щоб зберегти незмінною напруженість поля в місці прийому:

$$G = D \cdot \eta_A, \quad (3.8)$$

де G - коефіцієнт підсилення антени;

D - коефіцієнт спрямованої дії антени;

η_A - коефіцієнт корисної дії (ККД) антени.

Для напівхвильового вібратора коефіцієнт спрямованої дії $D \approx 1,6$ у напрямках максимального випромінювання; ККД такого вібратора близький до одиниці; коефіцієнт підсилення в напрямку максимуму дорівнює приблизно $1,5 \dots 1,6$.

Коефіцієнт корисної дії η_A антени дорівнює відношенню потужності P_Σ , що випромінюється, до потужності, що підводиться до антени:

$$\eta_A = \frac{P_\Sigma}{P_A}, \quad (3.9)$$

де P_Σ - потужність, що випромінюється антеною;

P_A - потужність, що підводиться до антени.

Вхідний опір антени Z_A - це опір на робочій частоті в точках підключення антени:

$$Z_A = R_A + jX_A, \quad (3.10)$$

де R_A - активний опір антени;

X_A - реактивний опір антени.

Діюча висота (довжина) антени дозволяє порівнювати різноманітні антени. Діюча висота визначається за формулами:

- для напівхвильового вібратора:

$$h_g = \frac{\lambda}{\pi}; \quad (3.11)$$

- для чвертьхвильового вібратора:

$$h_g = \frac{\lambda}{2\pi} \operatorname{tg} \frac{\pi l}{\lambda},$$

де l - відносна довжина самої антени.

При використанні симетричної антени і несиметричного коаксіального кабелю без симетруючого пристрою у фідера з'являється антенний ефект. Цей ефект полягає в тому, що фідер випромінює і приймає електромагнітні хвилі вертикальної поляризації. Внаслідок цього при передачі відбувається втрата потужності, а при прийомі зростають перешкоди. Для того, щоб усунути антенний ефект, застосовують пристрої, що симетрують. Вони виконуються з відрізків коаксіального кабелю або металевих трубок. Симетруюча петля (рис. 3.3), виготовляється із відрізка коаксіального кабелю, електрична довжина якого дорівнює $l/2$. Довжину петлі знаходять за формулою:

$$l = \frac{\lambda}{2\sqrt{\epsilon}}, \quad (3.12)$$

де ϵ - діелектрична проникність ізоляції кабелю (для сучасних радіочастотних коаксіальних кабелів $\epsilon=2.25$).

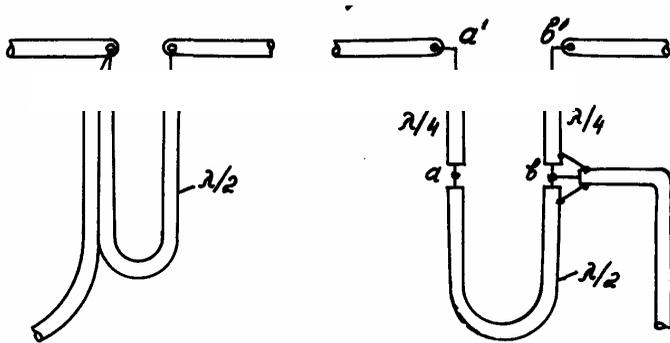


Рисунок 3.3 – Петля, що симетрує, для усунення антенного ефекту

3.4 Принципи побудови схем радіопередавачів та радіоприймачів

3.4.1 Загальні відомості

Систему радіозв'язку можна представити в спрощеному виді як показано на рис. 3.4. Задачею системи є передача інформації та її точне відновлення на виході радіоприймального пристрою.

Під повідомленням розуміємо будь-яку форму представлення інформації (наприклад, промову, оптичне зображення, цифрові дані, дані про стан об'єкта і т.д.). Датчик перетворює повідомлення в так званий модульований сигнал, який являє собою змінний струм або напругу, що відповідає повідомленню. Так, наприклад, промова перетворюється мікрофоном у низькочастотну напругу, а дані про підвищену температуру або пожежу - в імпульсну напругу. Слід зазначити, що таке перетворення здійснюється однозначно, тому для конкретної системи радіозв'язку поняття "повідомлення" і "сигнал" тотожні. Сигнал моделює один із параметрів високочастотного коливання (амплітуду, частоту, фазу). Таке модульоване коливання називається радіосигналом.

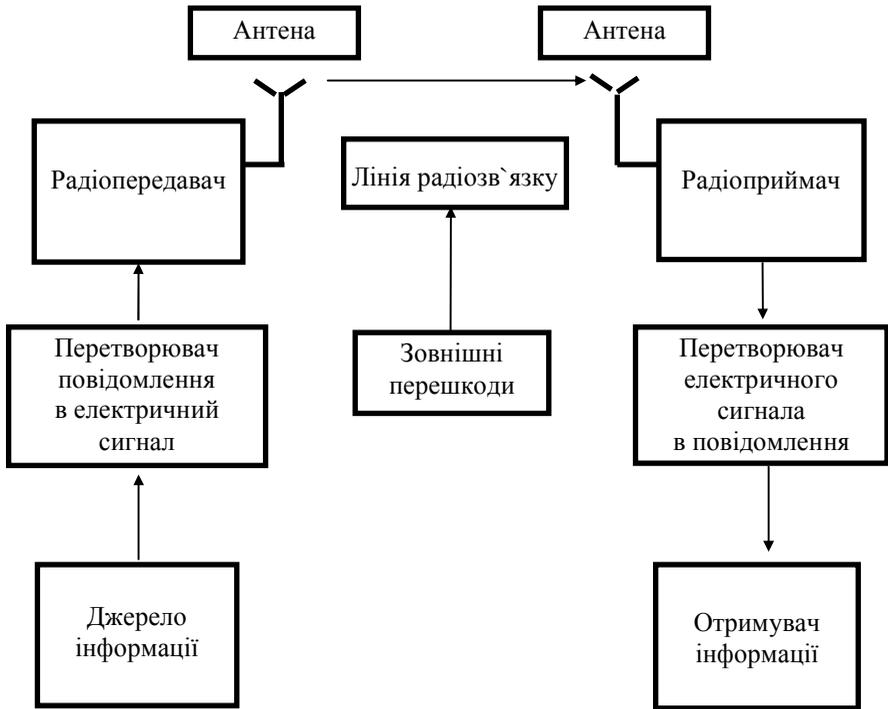


Рисунок 3.4 – Структурна схема радіозв'язку

Радіосигнал формується в передавачі і випромінюється через антену в навколишній простір, а точніше у бік радіоприймального пристрою.

На приймальній стороні радіосигнал перетворюється на повідомлення. Для цього радіосигнал приймається антенною радіоприймального пристрою, посилюється, а потім демодулюється (перетворюється) у низькочастотну напругу, що відображається у виконавчому пристрої.

В якості виконавчого пристрою може бути динамік, телевізійний екран, буквопечатний апарат, лампочки і т.д. Очевидно, що точність відтворених радіоприймачем повідомлень залежить від ступеня спотворень, яким піддається радіосигнал при проходженні в системі зв'язку.

Ці спотворення обумовлені деякими причинами:

- технічною недосконалістю апаратури системи радіозв'язку;
- різноманітними неоднорідностями середовища, у якому відбувається поширення радіосигналу;
- дією зовнішніх перешкод (атмосферних, промислових, спеціально організованих і т.д.);
- дією власного шуму радіоприймального пристрою, який принципово не усувається.

Узагальнені структурні схеми радіопередавального і радіоприймального пристроїв можна побудувати на основі аналізу функцій, що вони виконують.

Сучасні радіопередавачі, відрізняються великим різноманіттям, що обумовлено їхнім призначенням, особливостями побудови і висунутими до них вимогами.

3.5 Радіопередавачі

3.5.1 Класифікація радіопередавачів

Основними параметрами, за якими здійснюється класифікація радіопередавачів, є: потужність, діапазон радіочастот, призначення, умови роботи, вид модуляції.

За потужністю:

- передавачі малої потужності ($P_{cp} \leq 1 \dots 10$ Вт);
- передавачі середньої потужності ($P_{cp} = 0,1 \dots 1$ кВт);
- передавачі великої потужності ($P_{cp} > 1$ кВт);

За видом модуляції:

- з амплітудною (АМ) модуляцією;
- з частотною (ЧМ) модуляцією;
- з фазовою (ФМ) модуляцією;
- з імпульсною (ІМ) модуляцією й ін.

За частотним діапазоном:

- дуже низькі 3...30 кГц (понаддовгі хвили);
- низькі 30...300 кГц (кілометрові, довгі хвили);

- середні 0,3...3 МГц (гектометрові, середні хвилі);
 - високі 3...30 МГц (декаметрові, короткі хвилі);
 - дуже високі 30...300 МГц (метрові, ультракороткі хвилі);
- ультрависокі 0,3...3 ГГц (дециметрові хвилі);
 - надвисокі 3...30 ГГц (сантиметрові хвилі);
 - понадвисокі 30...300 ГГц (міліметрові хвилі);
 - гіпервисокі 300...3000 ГГц (дециміліметрові, субміліметрові хвилі);

За призначенням:

- зв'язкові;
- радіолокаційні;
- радіомовні;
- телевізійні;
- телеметричні;
- фототелеграфні;
- телеграфні;
- передавачі перешкод;
- спеціальні.

За умовами роботи:

- наземні (стаціонарні і переносні);
- літакові;
- супутникові (космічні);
- автомобільні, танкові;
- корабельні (судові) і ін.

3.5.2 Основні вимоги до радіопередавачів

Виходячи зі свого призначення й умов експлуатації, передавачі повинні відповідати вимогам: електричним, конструктивним і експлуатаційним, спеціальним.

До **електричних вимог** відносяться: діапазон робочих частот, потужність передавача, коефіцієнт корисної дії, припустимий рівень побічних випромінювань, стабільність і точність установки частоти;

- діапазон робочих частот ($f_{\text{МІН}} \dots f_{\text{МАКС}}$) передавача вибирається в залежності від призначення, дальності дії й умов організації зв'язку;

- потужність передавача;

- коефіцієнт корисної дії передавача визначається як відношення потужності, що віддається в антену, до всієї споживаної передавачем потужності;

- припустимий рівень побічних випромінювань (визначається рекомендаціями міжнародного консультативного комітету з радіомовлення (МККР). Під побічними випромінюваннями розуміють випромінювання передавача за межами необхідної смуги частот для передачі повідомлення з необхідною якістю. Наприклад, для діапазону частот 30... 325 МГц та потужності, що віддається в антену, менше 25 Вт припустимий рівень побічних випромінювань не більше 25 мкВт;

- стабільність і точність установки частоти характеризуються сумарним відхиленням частоти Δf передавача від заданого (необхідного) значення f_0 (задаються вимогами МККР). Так, для зв'язкових радіопередавачів метрових і декаметрових хвиль стабільність частоти характеризується відхиленнями в 40...100 Гц для наземних рухомих радіостанцій і 20 Гц – для стаціонарних;

– **конструктивні й експлуатаційні вимоги включають:**

- мобільність і придатність до роботи;

- габарити, масу, тривкість (особливо важливі вимоги для рухомих передавачів);

- економічність, що визначає забезпечення високого коефіцієнта корисної дії передавача малої потужності, споживаної від джерела живлення;

- універсальність, що дозволяє працювати з декількома видами модуляції;

- живучість, обумовлену середнім часом життя як окремих радіопристроїв, так і в цілому системи зв'язку;

- безпеку експлуатації, що повинна забезпечувати систему блокування і сигналізації, захист обслуговуючого

персоналу при вмиканні і настроюванні передавача, контроль за його роботою;

- ремонтоздатність, що характеризує можливість швидкого і якісного ремонту, заміну елементів схеми, їхню уніфікацію;

– **спеціальними вимогами є:**

- коефіцієнт нелінійних спотворень, що визначає якість переданого повідомлення (для амплітудної модуляції він не повинен перевищувати 8...10%, а для частотної модуляції - 3...5%).

- паразитна модуляція та ін.

3.5.3 Структурні схеми радіопередавачів

Радіопередавач - це пристрій, призначений для формування радіочастотних сигналів, що мають задані часові, спектральні й енергетичні характеристики, і для наступної передачі цих сигналів через вільний простір або по спеціальних направляючих електромагнітних системах до споживача.

Радіопередавач виконує три основні функції:

- по-перше, формує частотний діапазон із заданим числом робочих місць, на яких може передаватися радіосигнал;

- по-друге, перетворює первинний електричний сигнал, що відповідає інформативному повідомленню, у той або інший вид високочастотного сигналу, що залежить від вибору модулюючого параметра високочастотних коливань і засобу модуляції;

- по-третє, надає радіосигналу задану потужність за рахунок джерела енергії (живлення).

З огляду на вищевикладене, узагальнену структурну схему радіопередавача можна представити у виді, зображеному на рис. 3.5.

Тракт формування високочастотного сигналу складається зі збудника, проміжних і вихідного каскадів.

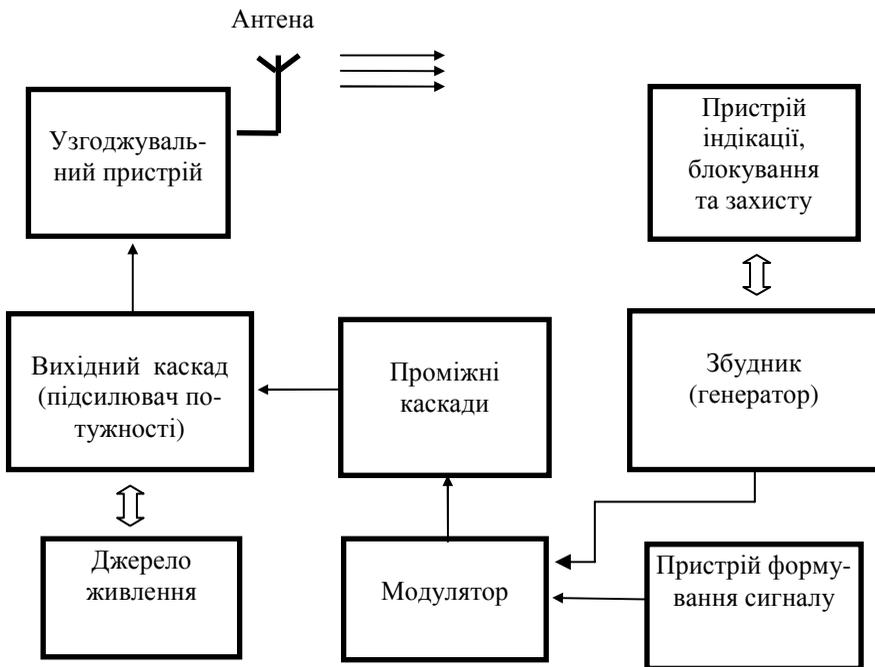


Рис. 3.5 – Структурна схема радіопередавача

Збудник (генератор) призначений для формування височастотного коливання з необхідною стабільністю частоти. Під генератором звичайно розуміють автогенератор. Автогенератори знайшли широке застосування в передавачах метрового і декаметрового діапазонів хвиль малої потужності.

Проміжні каскади призначені для посилення напруги (потужності) коливань збудника до величини, достатньої для нормальної роботи вихідного каскаду передавача. Проміжні каскади забезпечують розв'язку між вихідним каскадом і збудником, а також необхідне зменшення побічних коливань і комбінаційних складових. Крім того, для збільшення частоти до складу проміжних каскадів включають помножувачі частоти.

Вихідний каскад є найбільш потужним (і останнім) підсилювальним каскадом, після якого через узгоджувальний

пристрій модульовані високочастотні коливання надходять в антену. Узгоджувальний пристрій забезпечує узгодження вихідного каскаду з антенно-фідерним пристроєм, через який електромагнітні хвилі випромінюються у заданому напрямку.

Модулятор (пристрій, що модулює) забезпечує зміну параметрів високочастотного (несучого) коливання для однозначного відображення в ньому переданої інформації, а також формування часових і спектральних характеристик коливання.

Амплітудна й імпульсна модуляції здійснюються, як правило, у вихідному каскаді, а кутова (фазова, частотна) модуляція - у збуднику і проміжних каскадах.

Джерела живлення являють собою достатньо складні пристрої і забезпечують енергією постійного струму всі каскади передавача протягом необхідного терміну роботи.

Пристрої індикації, блокування і захисту, що використовуються звичайно в стаціонарних потужних передавачах, забезпечують вмикання і вимикання передавача, видачу інформації про режим його роботи, а також забезпечують безпеку роботи обслуговуючого персоналу.

До складу радіопередавача входить пристрій формування сигналу (кодуючий пристрій). Цей пристрій перетворює первинний сигнал, що надходить від джерела інформації, до виду, який забезпечує високу ефективність і надійність роботи радіосистеми.

У деяких випадках елементи схеми, зображеної на рис. 3.5., можуть виконувати сполучені функції; наприклад, формування несучого коливання, модуляція і посилення сигналу можуть відбуватися в одному елементі. Структурна схема передавача може спроститися. Часто це відбувається в передавачах сантиметрового і міліметрового діапазонів хвиль, де використовуються потужні електронні прилади з динамічним управлінням (магнетрони, клістроли та ін.), які дозволяють отримати генерування потужних коливань і їхню модуляцію практично в одному каскаді. Такі передавачі, як правило, мають систему примусового охолодження.

На закінчення слід зазначити, що радіопередавачі відрізняються великим різноманіттям, що обумовлено їхнім призначенням, діапазоном частот, потужністю й умовами функціонування.

3.6 Радіоприймачі

Удосконалення радіоелектронних засобів, освоєння нових частотних діапазонів і нових видів сигналів призвело до бурхливого розвитку багатьох областей радіотехніки і створення великого різноманіття радіоприймальних пристроїв.

3.6.1 Класифікація радіоприймачів

Основними ознаками, за якими можна класифікувати радіоприймальні пристрої, є: діапазон радіохвиль, призначення, вид модуляції прийнятих сигналів, умови роботи.

За діапазоном радіохвиль, видом модуляції прийнятих сигналів, умовами роботи класифікація радіоприймачів аналогічна до класифікації радіопередавачів (див.п.3.5.1).

За призначенням радіоприймачі бувають:

- радіомовні;
- радіонавігаційні;
- телевізійні;
- телеметричні;
- зв'язкові;
- вимірювальні;
- радіолокаційні;
- розвідувальні.

3.6.2 Загальна структурна схема радіоприймача

Незважаючи на різноманіття, всі радіоприймальні пристрої зв'язує спільність побудови структурної схеми. Загальну структурну схему радіоприймального пристрою можна побудувати на основі аналізу функцій, які він виконує. До цих функцій відносяться:

• виділення коливань із частотою прийнятого сигналу й ефективне послаблення сигналів на інших частотах. Ця спроможність приймача називається вибірністю або селективністю. Різняться такі основні види вибірності:

- просторова,
- поляризаційна,
- частотна,
- амплітудна,
- фазова,
- часова,
- статистична.

Перші два види здійснюються в антені або в сукупності антени з приймачем. Основним видом вибірності, що використовується у радіоприймачі, є частотна і здійснюється вона резонансними системами, що входять у тракт радіочастоти;

• перетворення радіосигналів у низькочастотну напругу, що відповідає сигналу (переданому повідомленню). Перетворення модульованого радіосигналу називається детектуванням (або демодуляцією), а пристрій, що виконує цю функцію, - детектором;

• посилення сигналу, що необхідно здійснювати для забезпечення нормальної роботи детектора і надійної роботи виконавчого пристрою. Підсилення радіосигналу до детектора відбувається в тракті радіочастоти, а після детектора - у тракті звукової частоти.

Отже, як впливає з викладеного вище, основна обробка прийнятого сигналу здійснюється в трьох основних елементах приймача:

- у тракті радіочастоти,
- у детекторі;
- у тракті звукової частоти.

Ці елементи подані на узагальненій структурній схемі радіоприймача (рис. 3.6).

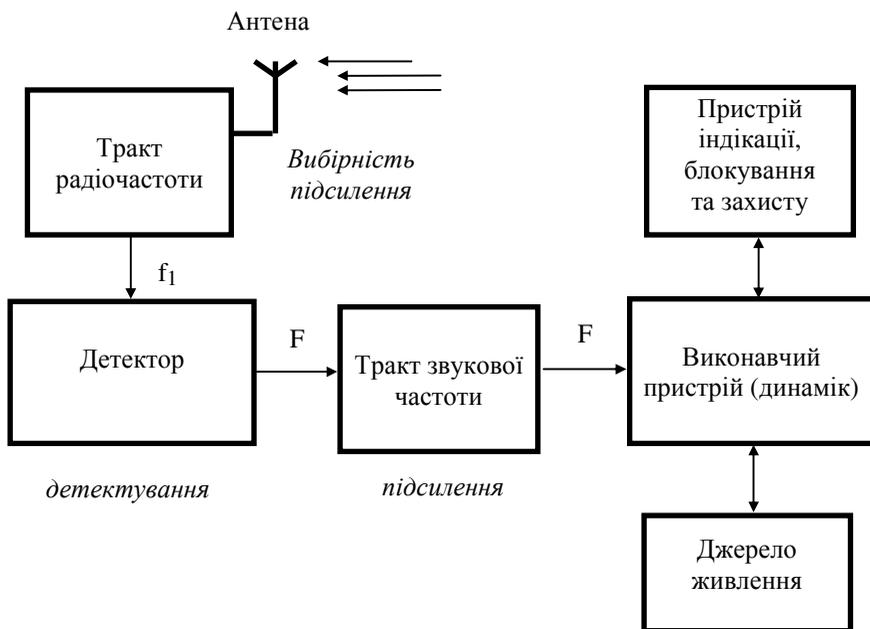


Рисунок 3.6 – Структурна схема радіоприймача

Конкретне схемне виконання радіоприймача визначається вимогами, запропонованими до радіоприймального пристрою в цілому.

У залежності від схемного виконання тракту радіочастоти, радіоприймачі розділяються на два основних типи:

- приймачі прямого підсилення;
- приймачі супергетеродинного типу.

На початку ХХ сторіччя з появою електронних ламп широкое поширення одержали приймачі прямого підсилення; структурна схема одного з них приведена на рис. 3.7. Вхідний ланцюг (ВЛ) і підсилювач радіочастоти (ПРЧ) складають високо-частотний тракт приймача і здійснюють частотну вибірність і підсилення радіочастоти безпосередньо на частоті прийнятого сигналу f_c (звідси і назва - приймач прямого підсилення).

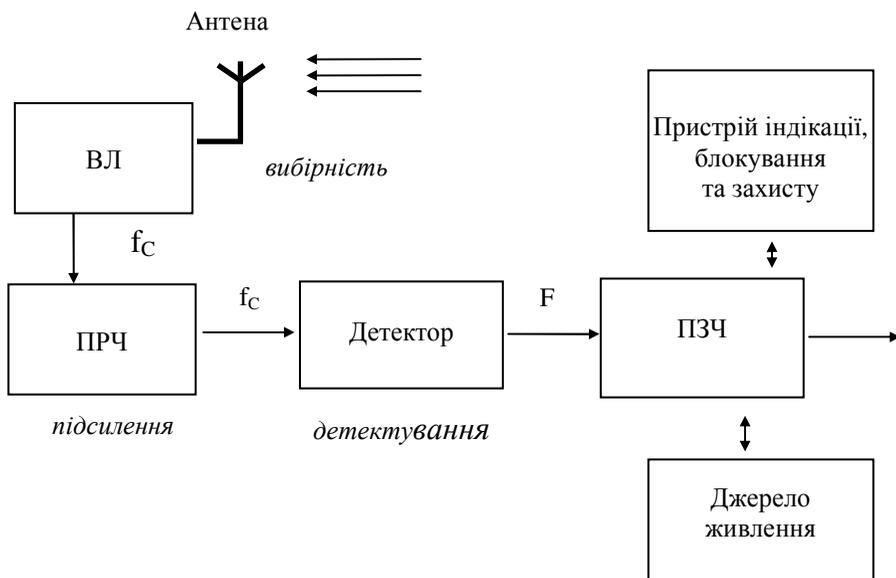


Рисунок 3.7 – Структурна схема радіоприймача прямого підсилення

Вхідний ланцюг використовується для якомога більш ефективної передачі напруги корисних сигналів, прийнятих антеною, до входу першого каскаду і початкової вибірності до першого нелінійного елемента, яким є лампа або транзистор першого каскаду ПРЧ. У протилежному разі, якщо сигнал і перешкоди з виходу антени безпосередньо надходять на вхід першого каскаду ПРЧ, то їхня взаємодія може викликати так званий ефект перехресної модуляції, зовнішній прояв якого полягає в тому, що модуляція перешкоди "переходить" на коливання прийнятого сигналу.

Підсилювач радіочастоти, крім забезпечення частотної вибірності, повинен підсилювати прийнятий сигнал, потужність якого на вході приймача набагато менше тієї, що необхідна для нормальної роботи виконавчого пристрою. Як вже відзначалося, сигнал може бути підсилений як у високочастотному (ПРЧ), так і в низькочастотному (підсилювачі звукової

частоти (ПЗЧ)) трактах. Розподіл загального підсилення між цими двома трактами є дуже важливим питанням, яке потрібно розв'язувати при проектуванні приймача.

Основна вимога, якою керуються при виборі коефіцієнта підсилення ПРЧ, полягає в забезпеченні нормальної роботи детектора (Д). граничне значення амплітуди вхідного сигналу, починаючи з якої електричні показники детектора стають достатньо високими, відповідає величинам вхідної напруги $U_{ВХД}=(0,5...1,0)$ В, в залежності від типу детекторного діода. Коефіцієнт підсилення ПРЧ варто вибирати так, щоб напруга на його виході забезпечувала режим лінійного детектування, звичайно його приймають рівним $U_{ВХД}$. Рівень сигналу на вході приймача лежить у межах (1...100) мкВ. У цьому випадку резонансний коефіцієнт підсилення ПРЧ повинен бути

$$K_{\text{ПРЧ}} = \frac{U_{\text{ВХД}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{1}{10^{-6} \dots 10^{-4}} = 10^6 \dots 10^4 \quad .$$

Більше цієї величини коефіцієнт не беруть, тому що це викликає серйозні труднощі, пов'язані з усуненням паразитного зворотного зв'язку, що викликає порушення у роботі ПРЧ.

Для нормальної роботи виконавчого пристрою потрібна напруга порядку десятків вольт. При цьому коефіцієнт підсилення ПЗЧ не перевершує $K_{\text{ПЗЧ}} = 100$.

Таким чином ми бачимо, що основне підсилення в приймачі здійснюється в тракті радіочастоти.

Приймачі прямого підсилення широко використовувались приблизно до кінця 30-х років ХХ сторіччя. Після цього були зроблені більш удосконалені супергетеродинні радіоприймачі.

Сьогодні, коли до радіоприймальних пристроїв подаються дуже високі вимоги й інтенсивно освоюються нові частотні діапазони, радіоприймачі прямого підсилення через властиві їм недоліки знаходять дуже обмежене застосування.

Основними недоліками приймачів прямого підсилення є:

- невисока частотна вибірність, що погіршується із зростанням частоти прийнятих сигналів;
- коефіцієнт підсилення ПРЧ приймача прямого підсилення істотно змінюється при зміні частоти, а із зростанням частоти прийнятих сигналів зменшується;
- смуга пропускання змінюється при зміні частоти приймача; із зростанням частоти смуга пропускання розширюється, що призводить до зниження перешкодозахищеності радіо-лінії в цілому.

Відзначені недоліки приймача прямого підсилення обумовлені роботою безпосередньо на високих частотах і неможливістю роботи на різних каналах частотного діапазону. У тих випадках, коли прийом сигналів здійснюється на фіксованій і порівняно невисокій частоті, у приймачі прямого підсилення перераховані недоліки практично відсутні.

Ці особливості прийому сигналів використовуються в приймачах супергетеродинного типу (рис. 3.8). Приведена схема відрізняється від схеми приймача прямого підсилення наявністю двох нових елементів: перетворювача частоти (ПЧ) і підсилювача проміжної частоти (ППЧ).

Перетворювач частоти складається з нелінійного елемента-змішувача (ЗМ) і спеціального генератора - гетеродина (Г). У перетворювачі частоти частота прийнятого сигнал f_C перетворюється в деяку постійну достатньо низьку проміжну частоту f_{Π} . У приймачах супергетеродинного типу основне підсилення і частотну вибірність забезпечує ППЧ.

У якості змішувача використовуються напівпровідникові діоди, польові і біполярні транзистори й електронні лампи. Вибір типу змішувача звичайно визначається вимогами до приймача, а також багато в чому залежить від частотного діапазону, у якому повинен працювати приймач.

Сигнал основної прийнятої частоти f_C перетворюється на коливання проміжної частоти f_{Π} при одночасному впливі на змішувач напруг частоти сигналу f_C і частоти гетеродина f_{Γ} :

$$f_{\Pi} = |nf_{\Gamma} \pm mf_c| \quad (3.12)$$

де $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ - гармоніки частоти гетеродина,
 $m = 1, 2, 3, \dots$ - гармоніки частоти сигналу.

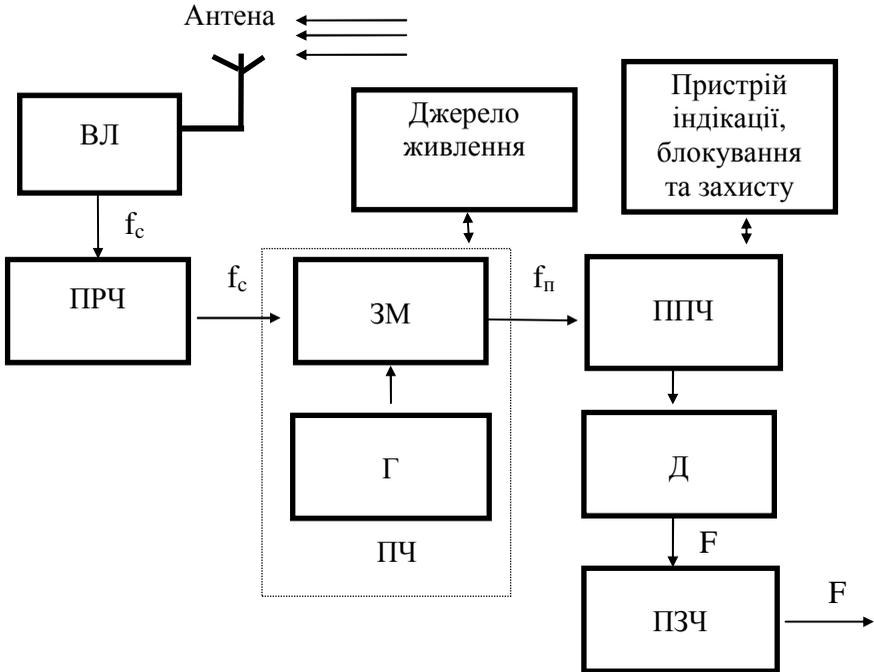


Рисунок 3.8 – Структурна схема радіоприймача супергетеродинного типу

Всі складові f_{Π} зберігають закон модуляції частоти прийнятого сигналу f_c . Звичайно в якості проміжної частоти вибирають найбільш просту комбінацію ($n=m=1$):

$$f_{\Pi} = |f_{\Gamma} - f_c| \quad (3.13)$$

За рахунок застосування перетворювача частоти в супергетеродинному приймачі усуваються недоліки, властиві приймачу прямого підсилення.

Всі радіоприймачі в наш час будуються в основному за двома описаними вище структурними схемами.

Крім перерахованих елементів, супергетеродинні приймачі звичайно мають у своєму складі схему автоматичного регулювання посилення (АРП), а приймачі вищого, першого і спеціального (військового, оперативного) призначення - ще й схему автоматичного підстроювання частоти (АПЧ).

3.6.3 Основні показники якості радіоприймачів

Основними показниками якості радіоприймачів є:

- чутливість;
- вибірність;
- смуга пропускання;
- перешкодостійкість;
- надійність;
- економічність живлення;
- габарити, маса й ін.

Чутливість - це здатність приймача приймати слабкі сигнали. Чутливість сучасних радіоприймачів обмежується в діапазоні помірковано високих частот ($f_C < 30$ МГц) - зовнішніми перешкодами (шумами), а в діапазоні надвисоких частот ($f_C > 30$ МГц) - внутрішніми.

Кількісно чутливість визначається мінімальною потужністю (мінімальною напругою) вхідного сигналу, при якому на виході детектора радіоприймального пристрою забезпечується достатня потужність (напруга), необхідна для нормальної роботи виконавчого пристрою при заданому відношенні потужності сигналу до потужності шуму. Якщо це відношення більше одиниці, чутливість називається реальною, а якщо дорівнює одиниці - граничною.

Вибірність - це спроможність приймача виділяти корисний сигнал із сукупності корисного сигналу та іншого сигналу або перешкоди.

Кількісно вибірність визначається як відношення коефіцієнта підсилення на резонансній частоті до коефіцієнта підсилення на іншій частоті сигналу.

Смуга пропускання - область частот, у межах якої коефіцієнт підсилення зменшується не більше заданого рівня. Звичайно цей рівень складає 3 дБ.

Перешкодостійкість - це спроможність приймача забезпечити достовірний прийом сигналів при впливі на його вхід різноманітного роду перешкод.

Надійність характеризується припустимою зміною показників якості приймача в процесі його експлуатації. Це особливо важливо для радіоприймачів, що повинні працювати при значних змінах температури, і ін.

Економічність живлення, габарити, маса не потребують особливих пояснень і особливо важливі для приймачів, що переносяться або встановлюються на автомобілях і літаках.

3.7 Підсилювачі

3.7.1 Класифікація та основні показники якості підсилювачів

Електронним підсилювачем називається пристрій, що містить електронний прилад і забезпечує збільшення потужності електричних сигналів за рахунок енергії, споживаної від джерела живлення.

Найбільш широке застосування електронних підсилювачів обумовлено малою інерційністю електронних приладів і їхньою здатністю підсилювати сигнали не тільки звукових (низких), але і високих, і навіть надвисоких частот.

Будь-який електронний підсилювач можна представити активним чотирьохполюсником, на вхід якого від джерела E_{Γ} із внутрішнім опором R_{Γ} подається сигнал U_{BX} , який посилюється.

Підсилювач із боку входу може бути поданий вхідним опором $R_{ВХ}$. Щодо виходу підсилювач є джерелом напруги $E_{ВИХ}$ із внутрішнім опором $R_{ВИХ}$.

Опір навантаження $R_{Н}$ залучено до виходу підсилювача і на ньому створюється посилена напруга $U_{ВИХ}$.

У залежності від співвідношення опорів $R_{ВХ}$ і $R_{Г}$, $R_{ВИХ}$ і $R_{Н}$ можна класифікувати такі типи підсилювачів:

- **підсилювачі напруги**, якщо $R_{ВХ} \gg R_{Г}$ і $R_{Н} \gg R_{ВИХ}$.
Вхідна напруга

$$U_{ВХ} = \frac{E_{Г} R_{ВХ}}{R_{Г} + R_{ВХ}} \approx E_{Г} \quad (3.14)$$

слабко залежить від внутрішнього опору джерела, а вихідна напруга

$$U_{ВИХ} = \frac{E_{ВИХ} R_{Н}}{R_{Н} + R_{ВИХ}} \approx E_{ВИХ} \quad (3.15)$$

слабко залежить від опору навантаження;

- **підсилювачі струму**, якщо $R_{ВХ} \ll R_{Г}$ і $R_{Н} \ll R_{ВИХ}$.
Вхідний струм підсилювача

$$I_{ВХ} = \frac{E_{Г}}{R_{Г} + R_{ВХ}} \approx \frac{E_{Г}}{R_{Г}} \quad (3.16)$$

визначається параметрами джерела вхідного сигналу $E_{Г}$.

Вихідний струм

$$I_{ВИХ} = \frac{E_{ВИХ}}{R_{Н} + R_{ВИХ}} \approx \frac{E_{ВИХ}}{R_{ВИХ}} \quad (3.17)$$

не залежить від опору навантаження;

- підсилювачі потужності, якщо $R_{ВХ} \approx R_{Г}$ і $R_{ВІХ} \approx R_{Н}$.

Якість роботи підсилювачів звичайно оцінюється показниками якості. Основними з них є:

- коефіцієнт підсилення, що показує у скільки разів вихідна напруга (струм, потужність) більше вхідної напруги (струму, потужності):

$$K_U = \frac{U_{ВІХ}}{U_{ВХ}} - \text{коефіцієнт підсилення за напругою} \quad (3.18)$$

$$K_I = \frac{I_{ВІХ}}{I_{ВХ}} - \text{коефіцієнт підсилення за струмом} \quad (3.19)$$

$$K_P = \frac{P_{ВІХ}}{P_{ВХ}} - \text{коефіцієнт підсилення за потужністю} \quad (3.20)$$

- амплітудно-частотна (АЧХ) і фазочастотна (ФЧХ) характеристики, що виражають залежності відповідно модуля коефіцієнта підсилення за напругою K_U і фази Φ комплексного коефіцієнта підсилення від частоти f (рис. 3.9).

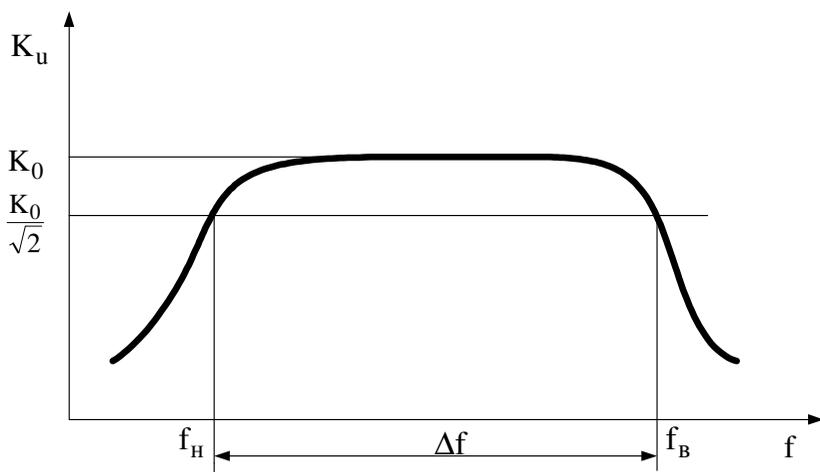


Рисунок 3.9 – Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) підсилювача

Лінійні спотворення, внесені реальним підсилювачем, характеризуються зменшенням коефіцієнта підсилення K_U на нижніх і верхніх частотах (або наявністю завалу АЧХ на нижніх і верхніх частотах), у порівнянні з максимальним значенням K_U на середніх частотах;

- **граничні частоти f_H (нижня) і f_B (верхня)**, на яких максимальний коефіцієнт підсилення (рис. 3.9) зменшується в $\sqrt{2}$ разів.

Якщо нижня частота $f_H = 0$, то такий підсилювач може посилювати постійні напруги і називається підсилювачем постійного струму (ППС);

- **смуга пропускання** являє собою область частот, у межах якої коефіцієнт підсилення зменшується не більше ніж на 3 дБ або в $\sqrt{2}$ разів, тобто смуга пропускання підсилювача обмежена нижньою f_H і верхньою f_B граничними частотами (рис.3.9) і визначається за формулою:

$$\Delta f = f_B - f_H \quad (3.21)$$

У випадку, коли верхня і нижня граничні частоти різняться незначною мірою, тобто $f_B \approx f_H$, підсилювач називають виборчим або резонансним.

Якщо $f_B \gg f_H$, то підсилювач називається невиборчим або аперіодичним.

Для посилення сигналу з малими спотвореннями необхідно, щоб його спектр був розташований у смузі пропускання.

Якщо верхня гранична частота підсилювача дорівнює $f_B = 10 \dots 20$ кГц, підсилювач називається підсилювачем звукових (низьких) частот (ПЗЧ).

При $f_B = 10^5 \dots 10^7$ Гц і більше, підсилювач є широкосмуговим і призначений для посилення широкосмугових сигналів, наприклад, імпульсних. Такі підсилювачі застосовуються в телеметрії, телебаченні, радіолокації, вимірювальній техніці.

Надалі будемо розглядати тільки аперіодичні підсилювачі. Вони мають наступні параметри:

- **коефіцієнт лінійних спотворень**, що характеризує лінійні спотворення, пов'язані з нерівномірністю АЧХ підсилювача, і визначається як відношення максимального значення коефіцієнта підсилення K_0 до коефіцієнта підсилення на заданій частоті $K_U(f)$:

$$M = \frac{K_0}{K_U(f)} \quad (3.22)$$

Коефіцієнт лінійних спотворень звичайно визначається на нижніх M_H і верхніх частотах M_B підсилювача і є безрозмірною величиною (може виражатися в децибелах);

- **амплітудна характеристика**, що є залежністю амплітуди вихідної напруги $U_{ВИХ}$ від амплітуди вхідної $U_{ВХ}$, тобто $U_{ВИХ} = \varphi(U_{ВХ})$.

На рис. 3.10 пунктиром показано характеристику ідеального підсилювача.

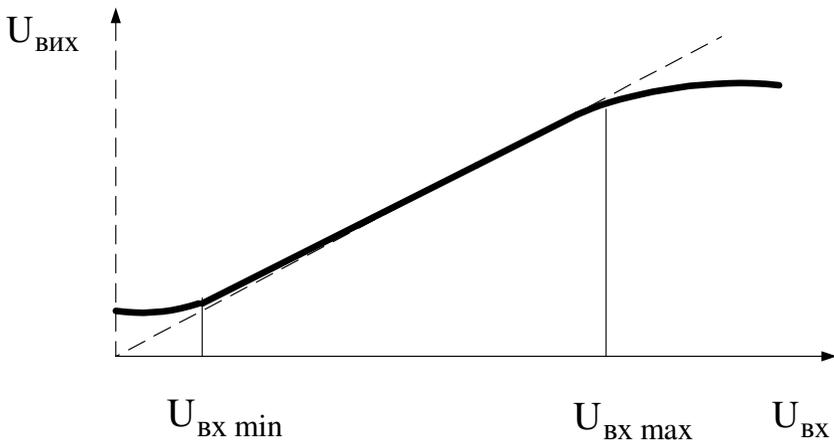


Рисунок 3.10 – Амплітудна характеристика підсилювача

Амплітудна характеристика реального підсилювача відрізняється від ідеальної наявністю загинів. Нижній загин пояснюється наявністю вихідної напруги за відсутності вхідного сигналу через внутрішні і зовнішні шуми (перешкоди). Верхній загин характеристики визначається нелінійними властивостями застосовуваних у підсилювачах елементів (електронних приладів, трансформаторів і т.д.), а також скінченою величиною напруги джерела живлення. Відношення максимальної вхідної напруги $U_{ВХМАКС}$, що відповідає максимальному вихідному сигналу, до мінімальної $U_{ВХМИН}$ визначає динамічний діапазон підсилювача;

- **коефіцієнт гармонік**, що характеризує ступінь спотворення форми сигналу внаслідок наявності в підсилювачі нелінійних елементів (частіше усього електронних приладів).

Визначається коефіцієнт гармонік за формулою:

$$\gamma = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} P_n^2}}{P_1} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_{nm}^2}}{U_{1m}} \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_{nm}^2}}{I_{1m}}, \quad (3.23)$$

де P_1, P_2, \dots, P_n ($U_{1m}, U_{2m}, \dots, U_{nm}; I_{1m}, I_{2m}, \dots, I_{nm}$) - величини потужності (напруги, струму) першої, другої і n - ої гармонік вихідного сигналу підсилювача при впливі на вході гармонійного сигналу;

- **вхідний і вихідний опір**; характеризує величини опорів, із якими необхідно погоджувати каскади, що знаходяться перед підсилювачем і після нього.

3.7.2 Принципи побудови схем підсилювачів

Сучасні підсилювачі будуються в основному на транзисторах (біполярних і польових) та інтегральних схемах (ІС). Інтегральні схеми, застосовувані в підсилювачах, звичайно використовують біполярні транзистори. При проектуванні

підсилювачів і аналізі їхньої роботи необхідно враховувати деякі особливості:

- вхідні і вихідні опори біполярних транзисторів невеликі (вхідні $\approx 1\text{кОм}$, а вихідні $\approx 10\text{кОм}$);

- характеристичні параметри біполярних транзисторів залежать від частоти. Активні опори й ємності вхідних, вихідних і зворотних прохідних характеристичних опорів із зростанням частоти зменшуються.

Зменшується зі зростанням частоти і провідність прямої передачі Y_{21} (у лампах і польових транзисторах її звичайно називають крутизною S), що визначає підсилювальні властивості каскаду.

Транзистори для підсилювальних каскадів варто вибирати так, щоб їхня робоча частота f була менша за частоту f_S , на якій провідність Y_{21} зменшується в $\sqrt{2}$ рази, тобто на 3 децибелі;

- провідність зворотної передачі Y_{12} не дорівнює нулю в реальних транзисторах (опір зворотної передачі не є дуже великим), а це може призвести до самозбудження. Цей факт варто враховувати при підвищенні робочої частоти до області децигертів і сотень кілогертів;

- необхідно враховувати також і той факт, що всі характеристичні опори (або провідності, тобто Y - параметри) залежать від температури. Зміна температури викликає також зміну зворотного струму колектора $I_{К0}$ і змішування вхідних і вихідних характеристик транзистора. У зв'язку з цим необхідно застосовувати спеціальні методи для температурної стабілізації робочої точки.

На рис. 3.11, а показано схему, що зветься схемою з колекторною стабілізацією або з негативним зворотним зв'язком за напругою. Схема, подана на рис. 3.11, б, називається схемою з емітерною стабілізацією або схемою з негативним зворотним зв'язком за струмом.

Крім зазначених, застосовують схеми з використанням нелінійних елементів (діодів), тобто схеми температурної

компенсації (рис. 3.11, в). Найбільш часто застосовуються схеми, зображені на рис. 3.11,б і 3.11,в. Остання широко використовується в інтегральних схемах.

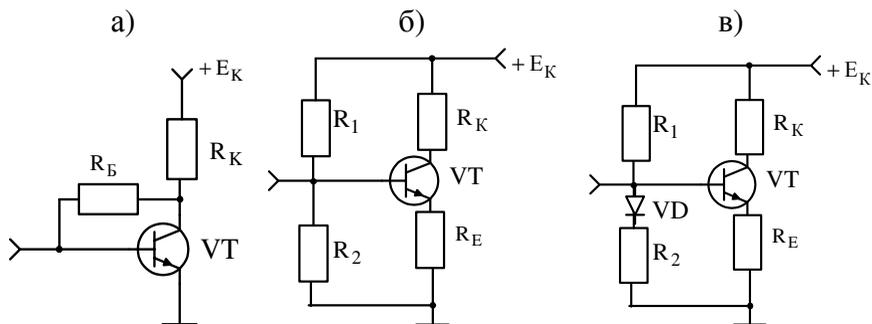


Рисунок 3.11 – Схеми температурної стабілізації робочої точки: а) схема колекторної стабілізації; б) схема емітерної стабілізації; в) схема температурної компенсації

Типові підсилювальні каскади на біполярних транзисторах відрізняються схемою підключення транзистора: із загальним емітером (ЗЕ), із загальною базою (ЗБ) і з загальним колектором (ЗК).

Спрощена схема підсилювального каскаду з загальним емітером зображена на рис. 3.12. Робоча точка визначається вибором значень і полярності напруг живлення E_K і E_B та опорів резисторів R_K , R_B .

Джерело сигналу подано у виді ЕРС E_r і внутрішнього опору R_r . Через розділовий конденсатор C_{P1} перемінна складова сигналу подається на вхід транзистора, тому що конденсатор розділяє джерело сигналу і вхід підсилювача за постійною складовою. При цьому виключається вплив на режим роботи транзистора постійної складової.

За відсутності сигналу ($e_r=0$) у транзисторі протікають постійні складові струмів I_{KPT} і I_{BPT} , обумовлені напругою робочої точки U_{KPT} і U_{BPT} .

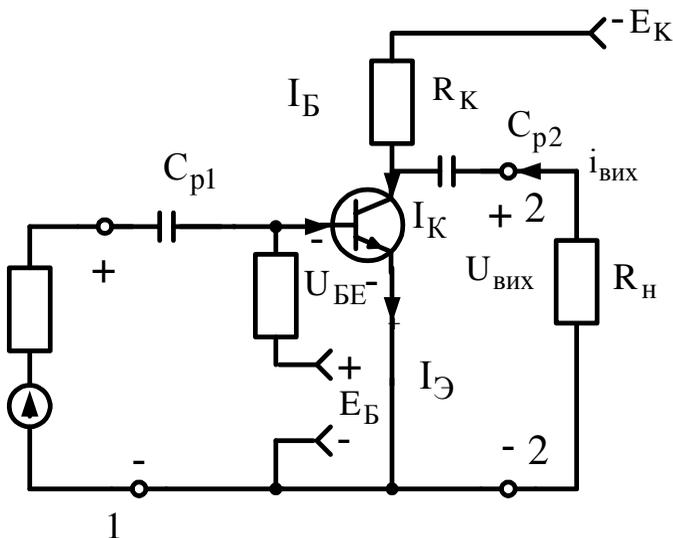


Рисунок 3.12 – Спрощена схема підсилювального каскаду на біполярному транзисторі з загальним емітером

При подачі на вхід підсилювача гармонійного сигналу

$$e_{\Gamma}(t) = \varepsilon_{\text{мг}} \cdot \sin \omega t \quad (3.24)$$

змінюється напруга на базі, а також струми бази, емітера і колектора.

Зміна струму I_K створює на опорі R_K (при $R_K \ll R_H$) або на еквівалентному опорі R_E напругу:

$$U_K = R_K I_K \quad (\text{або } U_K = R_E I_K). \quad (3.25)$$

Величина еквівалентного опору R_E дорівнює:

$$R_E = \frac{R_K R_H}{R_K + R_H} \quad (3.26)$$

На опорі навантаження R_H виділяється (через C_{p2}) тільки перемінна складова вихідної напруги:

$$U_{\text{вих}}(t) = -U_{\text{м вих}} \sin \omega t \quad (3.27)$$

Як очевидно з формули (3.27) і рис. 3.12, підсилювач із загальним емітером змінює полярність вхідного сигналу. На це вказує знак "мінус" у формулі (3.27).

У практичних схемах підсилювачів джерело E_B звичайно відсутнє, а його роль виконує джерело E_K і діляк напруги R_1, R_2 (рис. 3.13, а) або джерело E_K (рис. 3.13, б).

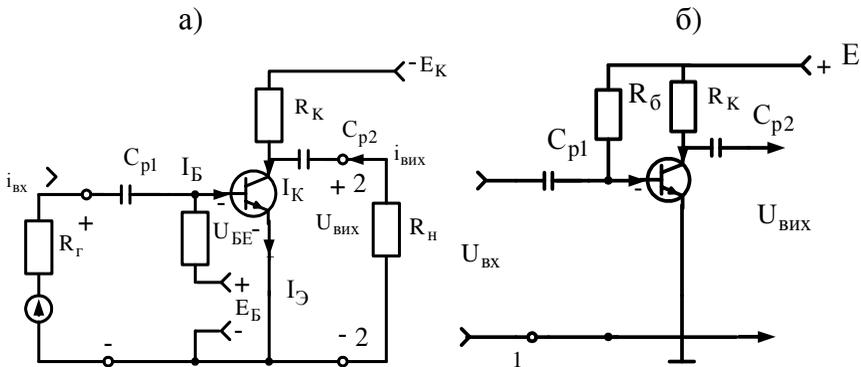


Рисунок 3.13 – Практичні схеми транзисторних підсилювачів з загальним емітером

Підсилювальний каскад із 3Е забезпечує підсилення за напругою, струмом і потужністю. Вхідний опір каскаду складає сотні Ом-одиноці кОм, а вихідний - одиниці-десятки кОм.

Варіанти практичних схем підсилювача з загальним колектором подані на рис. 3.14. Ці схеми одержали назву емітерних повторювачів. Вони мають великий вхідний (десятки-сотні кОм) і малий вихідний (десятки Ом) опори і використовуються як каскад для узгодження при передачі сигналу від

джерела з великим внутрішнім опором до низькоомного навантаження. При цьому сигнал посилюється за потужністю, а не за напругою, без зміни його полярності.

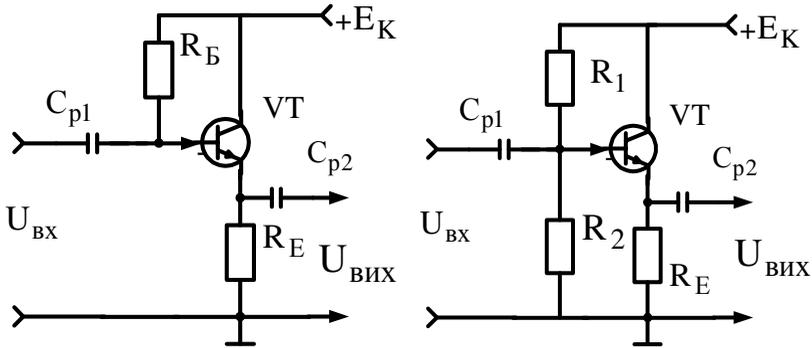


Рисунок 3.14 – Практичні схеми транзисторних підсилювачів з загальним колектором

Схему підсилювального каскаду з загальною базою зображено на рисунку 3.15. Він посилює напругу і потужність, має малий вхідний опір (десятки Ом) і достатньо великий вихідний опір (одиниці-десятки кОм).

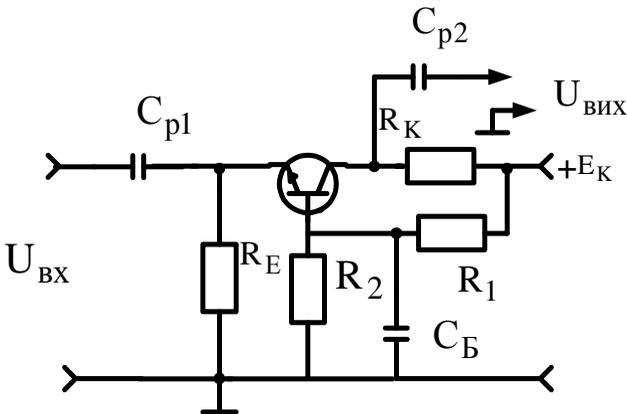


Рисунок 3.15 – Практична схема транзисторного підсилювача з загальною базою

Каскад із ЗБ часто використовується в аналогових інтегральних схемах та у каскодній схемі ОЕ-ОБ.

3.7.3 Зворотні зв'язки у підсилювачах

Для забезпечення великих коефіцієнтів підсилення включають послідовно n одиночних підсилювальних каскадів. Перший із них називається вхідним, а останній - вихідним. Кожний із каскадів має свій комплексний коефіцієнт підсилення, який визна-

чається за формулою:
$$\dot{K} = \frac{\dot{U}_{\text{вих}}}{\dot{U}_{\text{вх}}} \quad (3.28)$$

Примноживши чисельник і знаменник виразу (3.28) на U_1, U_2, \dots, U_{n-1} , отримаємо:

$$K_U = \frac{U_{\text{вих}} U_{\text{вих}1} \dots U_{\text{вих}n-2} U_{\text{вих}n-1}}{U_{\text{вх}} U_{\text{вх}1} \dots U_{\text{вх}n-2} U_{\text{вх}n-1}} = K K_1 \dots K_{n-2} K_{n-1} = \prod_{i=1}^n K_i \quad (3.29)$$

Як очевидно з формули (3.29), коефіцієнт підсилення багатокаскадного підсилювача дорівнює добутку комплексних коефіцієнтів передачі окремих каскадів. А оскільки

$$K_i = K_i e^{-j\varphi_i} ,$$

то

$$\dot{K} = \dot{K}_1 \dot{K}_2 \dots \dot{K}_n = K_n e^{-j(\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n)} \quad (3.30)$$

Якщо припустити, що всі каскади однакові, тобто

$$K_1 = K_2 = \dots = K_n \quad \text{та} \quad \varphi_1 = \varphi_2 = \dots = \varphi_n ,$$

то, як випливає з (3.30), модуль коефіцієнта підсилення всього підсилювача дорівнює $K = K_1^n$ та фаза $\varphi = n\varphi_1$.

Параметри підсилювача в цілому визначаються як параметрами окремих каскадів, так і взаємними зв'язками між ними.

Крім прямих зв'язків між каскадами, іноді використовують зворотні зв'язки (33). Для цього включають окремі ланцюги, по яким сигнал із виходу підсилювача (або окремого каскаду) подається на його вхід (рис. 3.16).

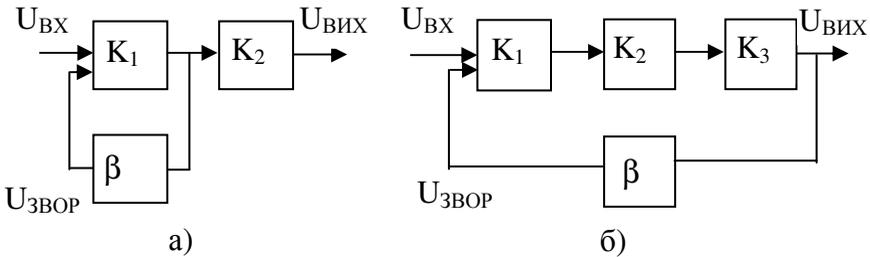


Рисунок 3.16. Схеми зворотного зв'язку (33) у підсилювачах: а) місцевий (внутрішньо-каскадний) ЗЗ; б) загальний (міжкаскадний) ЗЗ

Коефіцієнт передачі ланцюга зворотного зв'язку β . У вхідному ланцюзі сигнал зворотного зв'язку $U_{ЗЗ}$ додається до вхідного $U_{ВХ}$. У підсилювачах із ЗЗ напруга зворотного зв'язку завжди менше напруги вхідного сигналу, тобто $U_{ЗЗ} > U_{ВХ}$.

Зворотні зв'язки бувають внутрішньо-каскадні (місцеві), коли зворотнім зв'язком охоплюються окремі каскади (рис. 3.16, а), і міжкаскадні (загальні). У цьому випадку зворотнім зв'язком може охоплюватися декілька каскадів (рис. 3.16, б).

За засобом виділення сигналу з вихідного ланцюга розрізняють зворотні зв'язки за напругою (рис. 3.17, а і 3.17, б) і за струмом (рис. 3.17, в і 3.17, г).

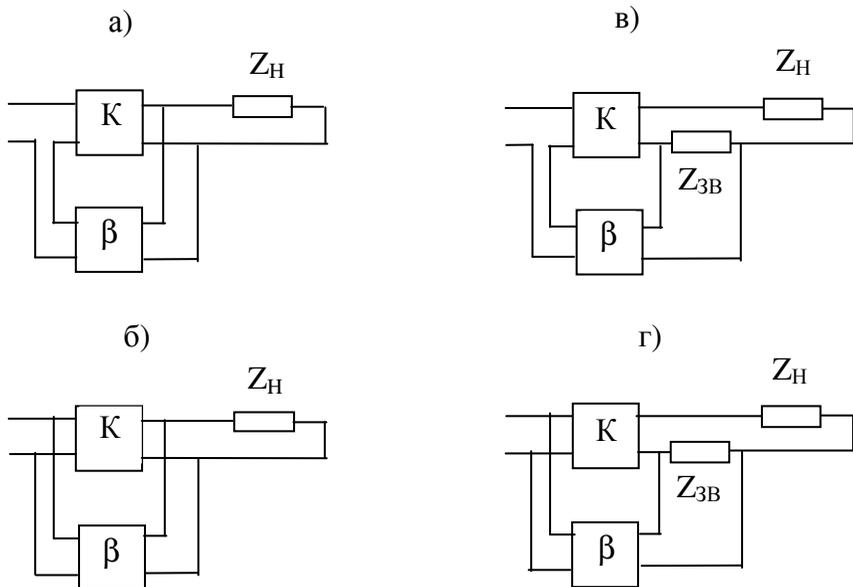


Рисунок 3.17. Види зворотних зв'язків у підсилювачах:
 а) послідовний за напругою; б) паралельний за напругою;
 в) послідовний за струмом; г) паралельний за струмом

У вхідний ланцюг сигнал зворотного зв'язку можна подати послідовно (рис. 3.17, а, в) або паралельно (рис. 3.17, б, г).

Отже, структурні схеми підсилювачів із зворотним зв'язком можна класифікувати в такий спосіб:

- а) послідовний ЗЗ за напругою;
- б) паралельний ЗЗ за напругою;
- в) послідовний ЗЗ за струмом;
- г) паралельний ЗЗ за струмом.

У залежності від фази сигналу зворотного зв'язку, розрізняють позитивний (ПЗЗ) і негативний (НЗЗ) зворотний зв'язок.

При позитивному зворотному зв'язку напруга ЗЗ збігається за фазою з вхідною і вони додаються одна до одної, а при НЗЗ ці дві напруги протифазні і віднімаються.

Роздивимося вплив зворотного зв'язку на параметри підсилювача на прикладі коефіцієнта підсилення.

Коефіцієнт підсилення підсилювача, з урахуванням впливу ЗЗ, дорівнює \dot{K}_β . Наприклад, при послідовному ЗЗ за напругою

$$\dot{K}_\beta = \frac{\dot{U}_{\text{ВИХ}}}{\dot{U}_{\text{ВХ}}},$$

а при розімкнутому ланцюгу зворотного зв'язку коефіцієнт підсилення підсилювача дорівнює:

$$\dot{K} = \frac{\dot{U}_{\text{ВИХ}}}{\dot{U}_1},$$

З рівняння Кірхгофа для вхідного ланцюга підсилювача визначаємо:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_{\text{ВХ}} - \dot{U}_\beta$$

Завдяки тому, що

$$\dot{U}_{\text{ВИХ}} = \dot{K} \dot{U}_1$$

то

$$\dot{K}_\beta = \frac{\dot{U}_{\text{ВИХ}}}{\dot{U}_{\text{ВХ}}} = \frac{\dot{K} \dot{U}_1}{\dot{U}_1 - \dot{U}_\beta} = \frac{\dot{K} \dot{U}_1}{\dot{U}_1 - \beta \dot{U}_{\text{ВИХ}}} = \frac{\dot{K} \dot{U}_1}{\dot{U}_1 - \beta \dot{K} \dot{U}_1} = \frac{\dot{K}}{1 - \beta \dot{K}}, \quad (3.31)$$

Величину $1 - \beta \dot{K}$ називають глибиною зворотного зв'язку, а $\beta \dot{K}$ - петлевим коефіцієнтом підсилення. Модуль глибини

зворотного зв'язку показує, як змінюється коефіцієнт підсилення каскаду при застосуванні зворотного зв'язку.

Так, при позитивному зворотному зв'язку:

$$K_{\beta} = \frac{K}{1 - \beta K}, \quad (3.32)$$

а при негативному:

$$K_{\beta} = \frac{K}{1 + \beta K}. \quad (3.33)$$

З приведених вище виразів (3.32) і (3.33) очевидно, що при ПЗЗ коефіцієнт підсилення при $\beta K \rightarrow 1$ сильно збільшується ($K_{\beta} \rightarrow \infty$) і підсилювач збуджується, тобто стає генератором сигналів, а наявність НЗЗ, навпаки, призводить до зменшення коефіцієнта підсилення.

Узагальнюючи розгляд впливу зворотних зв'язків на параметри підсилювачів, можна зробити такі висновки:

1. Кращий для застосування в підсилювачах є негативний зворотний зв'язок, при якому зменшується коефіцієнт підсилення (3.33), але розширюється смуга пропускання, підвищується стабільність роботи, зменшуються спотворення в підсилювачі.

2. При позитивному ЗЗ збільшується коефіцієнт підсилення, але погіршується усталеність і стабільність, звужується смуга пропускання, зростають спотворення. Причому при глибокому ПЗЗ різко зростає коефіцієнт підсилення і підсилювач перетворюється на генератор.

3. Міжкаскадні зворотні зв'язки у багатокаскадних підсилювачах сильніше впливають на їхні параметри (показники якості). Проте при цьому можлива зміна знака зворотного зв'язку у багатокаскадних підсилювачах і внаслідок цього - збудження підсилювача.

3.8 Організація УКХ і КХ-радіозв'язку у підрозділах МНС України і розрахунок її дальності

При організації оперативного радіозв'язку в гарнізоні МНС України одним з основних параметрів є дальність. Дальність радіозв'язку залежить від електричних параметрів радіостанції, від характеру місцевості, висоти установки антен і т.п. За наявності прямої видимості між передаючою і прийнятною антенами можна скористатися формулою Б.В. Введенського:

$$E_m = \frac{4\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{60P_{\text{ВИПР}} G_{\text{ПРД}}}{D^2}} h_{\text{ПРМ}} h_{\text{ПРД}} . \quad (3.34)$$

де E_m - напруженість поля в точці прийому, мкВ/м;
 $P_{\text{ВИПР}}$ - потужність випромінювання передаючої антени, Вт;

$G_{\text{ПРД}}$ - коефіцієнт спрямованої дії передаючої антени;

λ - довжина хвилі, м;

D - дальність лінії радіозв'язку, км;

$h_{\text{ПРМ}}, h_{\text{ПРД}}$ - висоти антен, м.

Для забезпечення упевненого зв'язку напруженість поля корисного сигналу E_m у точці прийому повинна перевищувати напруженість поля перешкоди E_n у визначене N число разів, що визначається технічними характеристиками радіозасобів і задачами, пов'язаними з цими засобами. Так, для радіостанцій, застосовуваних у МНС України, таке перевищення складає 20 дБ, тобто:

$$N(\text{дБ}) = 20 \lg \frac{E_m}{E_n} = 20 \text{ дБ}. \quad (3.35)$$

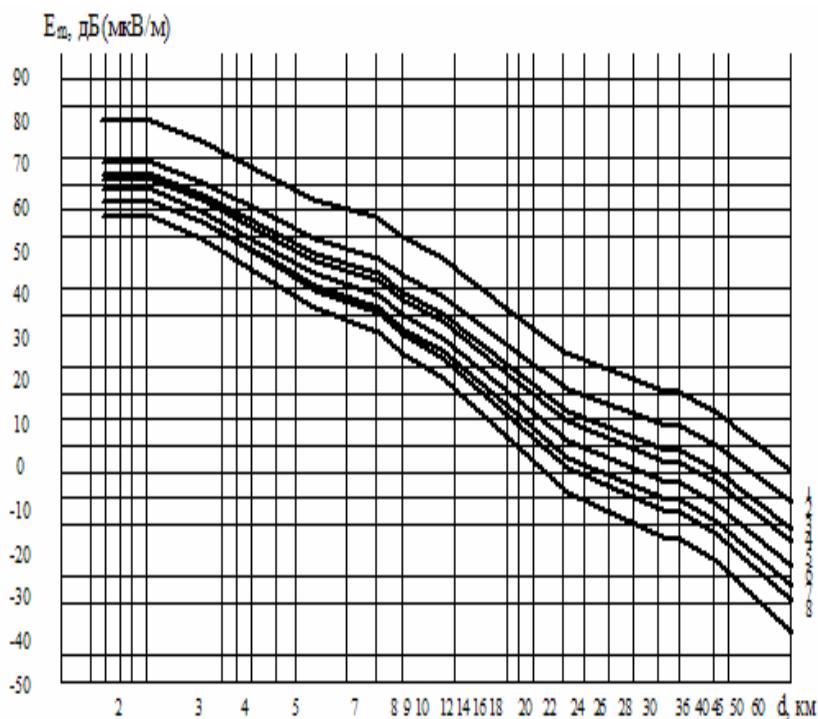


Рисунок 3.18 – Графіки залежності напруженості електричного поля E_m від дальності d для різних значень добутку висот підйому антен :
 1. $h=150 \text{ м}^2$; 2. $h=100 \text{ м}^2$; 3. $h=75 \text{ м}^2$; 4. $h=50 \text{ м}^2$; 5. $h=40 \text{ м}^2$; 6. $h=30 \text{ м}^2$; 7. $h=20 \text{ м}^2$; 8. $h=10 \text{ м}^2$;

Напруженість електричного поля корисного сигналу і перешкоди вимірюється в мкВ/м. Для забезпечення необхідного перевищення в 20 дБ напруженість поля корисного сигналу в точці прийому повинна бути більше напруженості поля перешкоди в 10 разів.

Для розрахунку дальності радіозв'язку з рухомими об'єктами (пожежними та аварійно-рятувальними автомобілями) у діапазоні метрових хвиль користуються графіками, що подані на рис. 3.18. Ці графіки, що подають залежності середніх значень напруженості електричного поля E (дБ) від дальності радіоліній D (км) для різноманітних висот підйому антени стаціонарної (центральної) радіостанції, складені на підставі опрацювання статистичного матеріалу.

Виміри напруженості електричного поля проводилися на частоті 150 МГц. Слід зазначити, що для діапазону частот 40...300 МГц ці значення напруженості поля відрізняються незначною мірою. Графіки значень напруженості електричного поля приведені для середньопересіченої місцевості. Середньопересіченою є місцевість, на якій середнє коливання оцінок висот на відстані 10...50 км від стаціонарної радіостанції не перевищує 50 м.

Встановлено, що на відстані менше 10 км від центральної радіостанції рельєф місцевості на дальність зв'язку істотно не впливає. У великій кількості випадків нерівномірність рельєфу $\Delta h=50$ м можна вважати цілком припустимою (рис. 3.19).

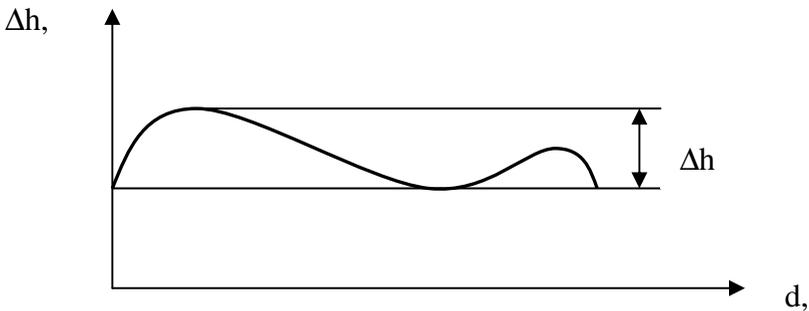


Рисунок 3.19 – Оцінка нерівномірності рельєфу Δh

У тих випадках, коли Δh відрізняється від 50 м у зоні визначення, варто вносити поправки. Поправка, що враховує відхилення реального рельєфу місцевості від значення $\Delta h=50$ м, визначається за графіком (рис. 3.20). Це залежність додаткового коефіцієнта ослаблення $V_{осл}$ від розміру Δh нерівномірності рельєфу. Значення коефіцієнта ослаблення приведені для відстаней D до 100 км і 200 км. Для відстаней 100... 200 км застосовується лінійна інтерполяція.

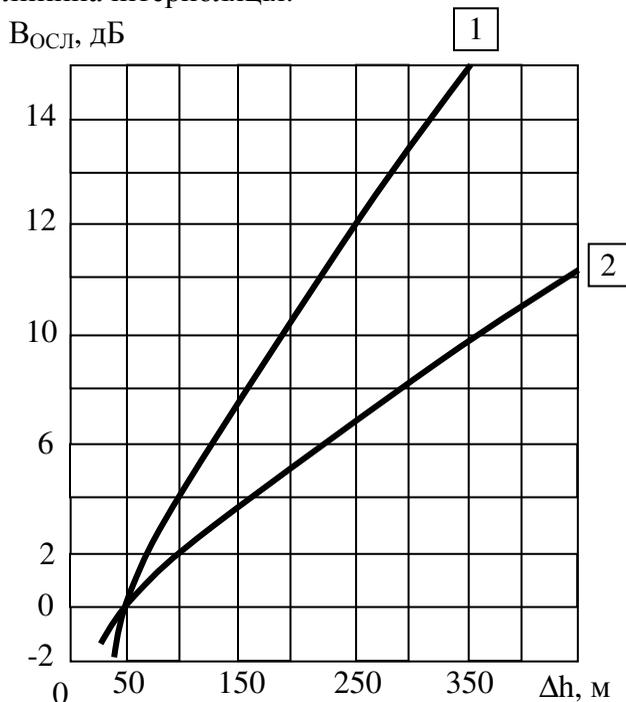


Рисунок 3.20 - Залежність коефіцієнта ослаблення $V_{осл}$ від нерівномірності рельєфу Δh :

1 – для відстані $d \leq 100$ км; 2 – для відстані $d \geq 200$ км

Мінімальні значення напруженості поля корисного сигналу, при яких забезпечуються надійність і висока якість радіозв'язку, визначаються для різних діапазонів частот величинами, які приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Діапазон частот, МГц	Мінімальне значення напруженості електричного поля корисного сигналу E_m	
	дБ	мкВ/м
30...50	8	2,5
100... 200	20	10
300... 350	25	18

Ці дані визначені для потужності передавача у 10 Вт. Якщо потужність передавача відрізняється від 10 Вт, поправку V_m варто визначити за графіком (рис. 3.21).

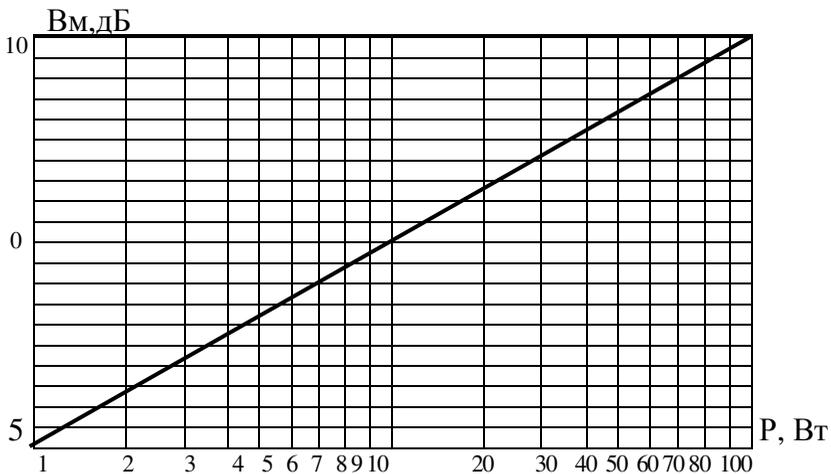


Рисунок 3.21 – Графік поправки V_m , якщо потужність P передавача відрізняється від 10 Вт

Остаточне значення напруженості електричного поля, що дозволяє уточнити дальність радіозв'язку, визначається, з урахуванням поправочних коефіцієнтів, за формулою:

$$E = E_m + V_{\text{осл}} + V_m \quad (3.36)$$

Для прикладу проведемо розрахунок дальності зв'язку радіомережі, що працює на частоті 148,5 МГц.

Антенa передавача центральної радіостанції “Віола” піднято на висоту $h_1 = 20$ м, а потужність випромінювання $P_{\text{випр}} = 5$ Вт.

Нерівномірність рельєфу місцевості $\Delta h = 75$ м. Розрахунок дальності радіозв'язку доцільно виконувати в такій послідовності.

1. Визначаємо мінімальну напруженість поля, що відповідає робочій частоті 148,5 МГц, за таблицею 3.1. Ця величина складає 20 дБ (10 мкВ/м).

2. За графіками на рис. 3.18 знаходимо орієнтовану дальність радіозв'язку для $h_1 = 20$ м; вона складає 15 км.

3. Визначаємо додатковий коефіцієнт послаблення за графіком (рис.3.20) для $\Delta h = 75$ м і $D < 100$ км; він дорівнює 2 дБ.

4. Знаходимо поправочний коефіцієнт для потужності випромінювання 5Вт за графіком, зображеним на рис. 3.21. Цей коефіцієнт дорівнює $V_m = -3$ дБ.

5. Визначаємо остаточне значення напруженості поля в точці прийому за формулою:

$$E = 20 + 2 - 3 = 19 \text{ дБ.}$$

6. Користуючись графіком (рис. 3.18), знаходимо уточнене значення дальності зв'язку радіомережі. Воно дорівнює 16 км.

Отже, дальність радіозв'язку центральної радіостанції “Віола” із радіостанціями (у тому числі і рухомими), що утворюють радіомережу, за заданими умовами складає 16 км із можливістю 50% на межі зони обслуговування. На дальності менше 16 км можливість забезпечення зв'язку вище. Використовуючи приведені вище графіки, можна розрахувати дальність радіозв'язку між стаціонарними радіостанціями.

Розрахуємо дальність радіозв'язку між двома радіостанціями МНС України типу “Віола” (наприклад, ЦУСЗ і ПЗЧ), що працюють на частоті 148,5 МГц в умовах міста (значення рельєфу місцевості $\Delta h = 50$ м). Радіостанції мають потужність

випромінювання передавачів $P_{\text{ВИПР}} = 8$ Вт і стаціонарні антени $h_1 = 30$ м і $h_2 = 10$ м.

Розрахунок дальності виконується в послідовності, що розглянута вище.

1. Знаходимо з таблиці 3.1 мінімальну напруженість електричного поля $E_{\text{МИН}} = 20$ дБ.

2. Обчислюємо величину:

$$h^* = \frac{h_1 h_2}{2} = \frac{30 \cdot 10}{2} = 150 \text{ м}^2$$

3. Визначаємо для h^* орієнтовну дальність радіозв'язку за графіками рис. 3.18. Вона дорівнює 37 км.

4. Додатковий коефіцієнт ослаблення дорівнює $V_{\text{ОСЛ}} = 0$ дБ (рис. 3.20).

5. Поправочний коефіцієнт для потужності $P_{\text{ВИПР}} = 8$ Вт (рис. 3.21) складає $V_{\text{М}} = -1$ дБ.

6. Визначаємо остаточне значення напруженості електричного поля:

$$E = 20 + 0 - 1 = 19 \text{ дБ}$$

7. Знаходимо уточнене значення дальності радіозв'язку за графіками, зображеними на рис. 3.18. Воно дорівнює 40 км.

Отже, дальність радіозв'язку між двома стаціонарними радіостанціями МНС України за заданих умов роботи дорівнює 40 км.

Як впливає з розглянутих прикладів, описана методика дозволяє розрахувати дальність радіозв'язку як між стаціонарними радіостанціями, так і дальність зв'язку центральної радіостанції з рухомими об'єктами.

3.9 Будо́ва та принцип роботи радіостанцій підрозділів МНС України

3.9.1 Загальні відомості про систему УКХ-радіозв'язку "Віола"

В підрозділах МНС України застосовується багатоканальна система УКХ радіозв'язку "Віола", що призначена для організації радіозв'язку на території великого міста або області.

Система ультракороткохвильового радіозв'язку є багатоканальною симплексною системою, що забезпечує зв'язок на будь-якому із 40 каналів у діапазонах 148...149 МГц або 172...173 МГц. Система дозволяє організувати до 11 радіомереж із взаємодією їхніх абонентів, напівавтоматичне сполучення абонентів АТС із радіоабонентами за бажанням будь-якого з них. Система містить у собі:

- центральну радіостанцію, що складається з 40-канального прийомопередавача й одноканального приймача (комплект із двох приймачів) "Віола-Ц";
- апаратуру циркулярного зв'язку (АПРС);
- комплект абонентських радіостанцій "Віола-А", що включає автомобільну радіостанцію "Віола-АА", мотоциклетну радіостанцію "Віола-АМ", радіостанцію з живленням від мережі перемінного струму 220В "Віола-АС", автомобільну радіостанцію "Віола-АП", спеціальну автомобільну радіостанцію "Віола-АО", абонентську радіостанцію з дистанційним керуванням по телефонній парі "Струна";
- носимі радіостанції "Віола-Н";
- апаратуру ретрансляції "Віола-Л".

Прийомопередавач 40-канальний (ПРМ/ПРД-40) центрального устаткування "Віола-Ц" може бути використаний для організації двостороннього симплексного ультракороткохвильового радіозв'язку центрального пункту зв'язку (ЦПЗ) із стаціонарними і рухомими об'єктами гарнізону МНС України.

До складу прийомопередавача входить:

- приймач 40-канальний,

- передавач 40-канальний;
- пульт керування
- антено-фідерні пристрої.

Передавач і приймач можуть встановлюватися і спільно, і роздільно.

При спільній установці забезпечується можливість роботи на одну антену. Керування приймачем і передавачем здійснюється з пульта керування по двухпровідних лініях зв'язку (протяжність до 10 км). При роботі на одну антену вхід "АНТЕНА"(А) ПРМ-40 з'єднується з виходом "ПРИЙМАЧ" (ПРМ) ПРД-40.

Прийомопередавач ПРМ/ПРД-40 забезпечує такі технічні можливості:

- дистанційне керування і переключення на будь-який із 40 каналів;
- формування і передачу будь-якого зі 100 сигналів індивідуального виклику двох послідовних частотних посилянь;
- формування і передачу сигналів циркулярного виклику центральних радіостанцій (А1) і абонентських та носимих радіостанцій (А2);
- прийом циркулярного виклику центральних радіостанцій А1;
- передачу і прийом мовних сигналів;
- переключення радіостанції з режиму "Черговий прийом" на режим "Прийом" і навпаки;
- автоматичний перехід радіостанції на 7-12 сек із режиму "Черговий прийом" на режим "Прийом" після прийняття тонового виклику і повернення після закінчення зазначеного часу у вихідний режим;
- з'єднання радіоабонента з абонентом АТС і контроль з'єднання;
- автоматичне відключення режиму з'єднання радіоабонента з абонентом АТС після закінчення розмови.

Основні технічні дані прийомопередавача радіостанції "Віола"

Діапазон робочих частот, МГц	148...149 -діапазон А або 172...173 - діапазон Б
Режим роботи	суплексний
Кількість каналів	40
Потужність передавача, Вт, не менше	30 і 40
Коефіцієнт нелінійних спотворень при- ймального тракту, %, не більше	10
Чутливість приймача при відношенні сиг- нал/шум 12 дБ, мкВ, не гірше	1,2
Кількість тональних посилок індивідуа- льного виклику (на кожному частотному каналі)	100
Рознос частот між сусідніми каналами, кГц	25
Джерело живлення (основне), В	220±10%
Джерело живлення (резервне), В	+24±10%
Клас перебірливості за ДЕРЖСТАНДАРТ 16600-72	другий
Вибірність по сусідньому каналу, дБ, не менше	75

3.9.2 Побудова та робота передавача

Передавач призначений для роботи в складі центрального устаткування системи "Віола" і для організації зв'язку центрального диспетчера з рухомими і переносними радіостанціями системи "Віола" ультракороткохвильового діапазону.

Передавач - стаціонарний пристрій, що може працювати без постійного обслуговування з дистанційним керуванням по телефонній лінії довжиною до 10 км. Напруга живлення - від мережі перемінного струму 220В і від джерела +24В (при несправності мережі перемінного струму).

Можливі два варіанти роботи передавача: у діапазоні частот А та в діапазоні частот Б.

У роботі передавача беруть участь синтезатор частот, модулятор, попередній підсилювач і підсилювач потужності, блоки захисту, частотних фільтрів, автоматики і реле.

Блок модулятора служить для формування частотно-модульованого високочастотного сигналу, що потім подається на вхід блока попереднього посилення. Підсилювач звукової частоти (ПЗЧ) здійснює посилення, корекцію, обмеження динамічного діапазону і спектра мовного сигналу, що надходить по лінії провідного зв'язку з пульта керування. Сигнал із пульта управління (ПУ) подається через блок АКР-М (блок автоматики), що керується з ПУ через блок реле. Управляємий генератор (УГ) являє собою термокомпенсований кварцовий генератор з електронною корекцією частоти.

Фазове автопідстроювання частоти (ФАПЧ) містить у собі фазовий детектор (ФД), фільтр нижніх частот (ФНЧ), змішувач (СМ), генератор пошуку (ГП). Воно призначене для забезпечення стабільності заданої частоти при впливі різноманітних дестабілізуючих факторів.

При великих початкових розладах генератора робоча частота може вийти за межі смуги утримання ФАПЧ. Для введення частоти в смугу утримання служить генератор пошуку, що виробляє пилоподібну напругу, яка подається на ГП. При переході системи ФАПЧ на режим утримання частоти генератор пошуку виконує функції підсилювача постійної напруги.

Каскади попереднього посилення (ППП) і посилення потужності (ПП) посилюють невеликий сигнал із виходу модулятора до величини 60...75 В. Для узгодження блока модулятора з ППП застосовано ФНЧ.

Блок захисту (БЗ) виконує функції захисту вихідного каскаду посилення потужності ПП від неузгодженості, для зміни параметрів антени, а також служить для автоматичної установки на виході передавача заданої потужності. Блок захисту зменшує напругу живлення першого каскаду ППП.

Блок частотних фільтрів, позначений на схемі ФНЧ, служить для зменшення побічних випромінювань передавача

і фільтрації вищих гармонік сигналу, що надходить із виходу підсилювача потужності.

Схема прийомопередавача (ПРМ/ПРД-40) дозволяє забезпечити його роботу при ручному (РУ) і дистанційному (ДУ) управлінні. З пульта управління команди дистанційного управління надходять у блок АРК-М, у якому сигнал корегується і посилюється. Потім сигнал подається в блок АДШ, у якому розміщені дешифратор і шифратор. Сигнал із виходу дешифратора через шифратор надходить на схему керування синтезатором частот (АСН-М). Щоб уникнути помилок при переключенні частот синтезатора частот (СЧ), подається команда "Зброс", що переводить виконавчі пристрої у початковий стан. Шифратор перетворює будь-яку з команд управління, що відповідають 40 робочим каналам прийомопередавача, у шестирозрядний двоїстий код.

3.9.3 Побудова та робота радіоприймача

Приймач призначений для роботи в складі центрального устаткування системи "Віола" і організації зв'язку з рухомими і переносними радіостанціями "Віола".

Дистанційне керування приймачем дає можливість включати і виключати приймач, включати один із 40 каналів прийому, здійснювати індикацію переходу на резервне живлення. Приймач має живлення від мережі перемінного струму 220В (основне джерело живлення). Перехід на резервне джерело живлення (постійний струм +24В) відбувається автоматично при зникненні напруги мережі. Повернення на основне джерело живлення відбувається як тільки з'явиться напруга мережі.

Приймач виконаний на супергетеродинній схемі з одним перетворенням частоти; проміжна частота - 10,7 МГц.

Прийнятий антенним пристроєм сигнал, подається у вхідний ланцюг (ВЛ), потім посилюється в підсилювачі радіочастоти (ПРЧ) і перетворюється в змішувачі (ЗМ) у проміжну частоту.

У якості гетеродина приймача, а також у якості збудника передавача використовується блок синтезатора частот (СЧ), зібраний на кварцових резонаторах. Блок синтезатора частот служить для формування сітки стабільних частот в одному із трьох діапазонів А, Б або Х. Напруга із синтезатора частоти на змішувач подається через буферний каскад (БФК). Сигнал із виходу ППЧ детектується частотним детектором (ЧД) і посилюється в підсилювачі звукової частоти (ПЗЧ). З виходу ПЗЧ сигнал подається через фільтр нижніх частот (ФНЧ) у блок корекції АСШ-М, а потім у блок АКГ-М, де формується смуга пропускання сигналу. З виходу АКГ-М сигнал подається в телефонну лінію зв'язку на пульт керування.

Одночасно сигнал із виходу ППЧ подається на шумоподавляч (ШП), що дає можливість виключити прослуховування власних шумів приймача і перешкод за відсутності корисного сигналу. Керування СЧ здійснюється за допомогою блоків фільтрів АПЧ і дешифратора АДШ.

При знятті мікротелефонної трубки з перемикача радіостанція переходить на режим "Прийом".

На режим "Передача" радіостанція переводиться натисканням тангенти на мікротелефонній трубці або кнопки "ВИКЛИК" на пульті керування.

3.9.4 Будова блока автоматики

Блок автоматики призначений для контролю основних параметрів передавача і дистанційного управління (ДУ) роботою передавача.

Блок дозволяє робити вибір і вмикання будь-якого з 40 каналів зв'язку, вмикання блока живлення передавача по лінії зв'язку з пульта керування, а також формування сигналів несправності передавача, індикації переходу на резервне живлення, підтвердження команди "Зброс".

Блок автоматики також призначений для дистанційного керування роботою багатоканального приймача:

- дистанційного вмикання будь-якого з 40 каналів;
- дистанційного вмикання блока живлення.

Блок автоматики виробляє сигнали підтвердження команди "Зброс" й індикації резерву живлення при переході на резервне джерело живлення.

3.9.5 Абонентські радіостанції "Віола-А"

Абонентські радіостанції "Віола"-А призначені для організації двостороннього комплексного радіотелефонного зв'язку стаціонарних і рухомих об'єктів у складі системи "Віола". Радіостанції мають 40 каналів у смузі I МГц у діапазонах А (148...149 МГц) і Б(172...173 МГц).

Абонентські радіостанції, в залежності від об'єкта установки, виготовляються таких типів:

- "Віола-АА" для установки на легкових автомобілях "Волга", "Жигули", "Москвич", ГАЗ-69, УАЗ-69;
- "Віола-АМ" для установки на мотоциклах типу "Урал";
- "Віола-АП" для установки на пожежних машинах типу АЦ30, АЦ40, (ЗИЛ-130);
- "Віола-АС" для установки в помешканнях (живлення від мережі перемінного струму 220В).

Основні характеристики абонентської радіостанції "Віола"

	діапазон А
	148...149 МГц
Діапазон частот, МГц	діапазон Б
	172...173 МГц
Число каналів	40
Чутливість приймача при відношенні сигнал/шум 20дБ, мкВ, не гірше	1,0
Вибірність по сусідньому каналу, дБ	70
Вихідна потужність передавача, Вт, не менше	10
Рівень побічних випромінювань передавача, мкВт, не більше	25
Напруга живлення від акумулятора, В	12,6±10%
Маса, кг	3,0

У комплект усіх варіантів абонентської радіостанції входять:

- уніфікований прийомопередавач;
- виносний підсилювач низької частоти з гучномовцем;
- антено-фідерний пристрій;
- кабель для подачі напруги живлення.

Комплекти "Віола-АА" і "Віола-АП" мають у своєму складі мікротелефонні трубки з утримувачами.

3.9.6 Радіостанція "Віола - Н"

Носима УКХ радіостанція "Віола-Н" із частотною модуляцією сигналів призначена для забезпечення безошукового, безпідстроювального, симплексного радіозв'язку з однотипними радіостанціями, а також із рухомими і стаціонарними радіостанціями системи "Віола", що працюють на однакових частотах.

У комплект радіостанції входять прийомопередавач, маніпулятор, антена, акумуляторна батарея.

Основні технічні характеристики радіостанції "Віола-Н"

Діапазон частот, МГц	діапазон А 148...149 МГц діапазон В 172...173 МГц
Число каналів	4
Чутливість приймача при відношенні сигнал/шум 20дБ, мкВ, не гірше	1,6
Ширина смуги пропускання, кГц, не менше	16
Вибірність по сусідньому каналі, дБ, не менше	60
Вихідна потужність передавачі, Вт не менше	1
Рівень побічних випромінювань передавача, мкВт, не більш	25
Напруга живлення (акумулятор), В	10...15
Габаритні розміри, мм	
- без джерела живлення	226x77x44
- з джерелом живлення	226x93x44
Маса комплекту, кг не більш	1,5

Приюмопередавач має форму плоского паралелепіпеда, зручну для роботи.

Приюмопередавач виконаний, в основному, на інтегральних мікросхемах. На панелі приюмопередавача розміщені органи керування передавачем і приймачем, антенне гніздо і роз'ємне з'єднання для підключення маніпулятора.

У маніпуляторі розміщені оборотний гучномовець, мікрофонний підсилювач, дві тангенти "ПЕРЕДАЧА" і "ТОН" і світловий індикатор розряду батареї.

Приймач радіостанції виконано за супергетеродинною схемою з подвійним перетворенням частоти.

Напруга сигналу з антени через контакти реле К1 надходить у вхідний пристрій (ВП). Вхідний пристрій складається з одиночного резонансного контуру, який служить для узгодження опору антени з вхідним пристроєм і забезпечує необхідну вибірність по дзеркальному каналу.

З виходу УРЧ напруга сигналу надходить на вхід першого змішувача (СМ1). Сюди ж подається напруга частоти першого гетеродина (Г1), що складається з чотирьох окремих кварцових генераторів. Кожний із генераторів зібрано за схемою ємнісної трьохточки з порушенням коливань кварцових резонаторів на третій гармоніці. Переключення каналів (і, відповідно, гетеродинів) здійснюється перемикачем S3, розташованим на панелі приюмопередавача.

Кварцовий фільтр (КФ), включений на виході змішувача, настроений на першу проміжну частоту $f_{n1}=18,5$ МГц і забезпечує вибірність по сусідньому і другому дзеркальному каналу.

Напруга з виходу першого змішувача посилюється однокаскадним підсилювачем проміжної частоти (ППЧ1) і подається на другий змішувач (ЗМ2). Другий гетеродин (Г2) зібраний із застосуванням кварцового резонатора, друга проміжна частота $f_{n2} = 500$ кГц виділяється за допомогою електромеханічного фільтра ЕМФ (Ф1), що забезпечує необхідну смугу пропускання і вибірність по сусідньому каналу.

З виходу другого змішувача сигнал посилюється другим однокаскадним підсилювачем проміжної частоти (ППЧ2)

і подається через обмежувач амплітуд (ОА) на частотний дискримінаціонер (ЧД).

Вихідна напруга ЧД подається на шумоподавляч (ШП), а потім на підсилювач звукової частоти (ПЗЧ), що забезпечує необхідну для роботи гучномовця (ВА) потужність.

Гучномовець розміщений у маніпуляторі. За допомогою перемикача S1 здійснюється східчасте регулювання гучності і вмикання шумоподавляча.

У режимі "Передача" оборотний гучномовець виконує роль мікрофона, із виходу якого сигнал потрапляє на вхід мікрофонного підсилювача. Мікрофон (гучномовець) і мікрофонний підсилювач (МП) розташовані в корпусі маніпулятора. З виходу МП сигнал надходить у підмодулятор, що посилює цю низькочастотну напругу до величини, необхідної для забезпечення номінальної девіації генератора.

Для одержання частоти тонального виклику вхід і вихід підмодулятора замикаються через електромеханічні фільтри (Ф2 і Ф3). Частоту тонального виклику можна змінювати за допомогою перемикача S5 "1-2", що знаходиться на панелі радіостанції, а вмикання тонального виклику оператор здійснює натисканням тангенти S7 "ТОН", розташованої в маніпуляторі.

З підмодулятора напруга подається через смуговий фільтр низьких частот (СФНЧ) на задаючий генератор (ЗГ). Генератор складається з чотирьох окремих кварцових генераторів, зібраних за схемою ємнісної трьохточки.

Модуляція здійснюється за допомогою варикапів низькочастотною напругою, що надходить із СФНЧ.

У якості навантаження задаючого генератора застосовані смугові фільтри, які налаштовані на третю гармоніку задаючого генератора.

Для забезпечення необхідної робочої частоти застосовані два каскади помножувача частоти (ПЧ1 і ПЧ2), кожний із яких множить частоту на два.

Попередні підсилювачі потужності (ППП1 і ППП2) підсилюють високочастотний сигнал до величини, необхідної для роботи вихідного каскаду - підсилювача потужності (ПП).

На панелі передавача знаходиться перемикач S4 "1 Вт - 0.1 Вт", що дозволяє змінювати вихідну потужність передавача. Зниження потужність використовується в тих випадках, коли забезпечується достатньо надійний радіозв'язок між абонентами, а також зниження рівня ненавмисних перешкод радіостанціями, що працюють у сусідніх радіомережах.

Високочастотний сигнал через антенний фільтр (АФ), що складається з трьох контурів, і контакти реле К1 надходить в антену.

Живлення радіостанції здійснюється від батареї GB1. Напряга живлення вихідного каскаду ПЗЧ, попередніх підсилювачів потужності, підсилювача потужності (вихідний каскад передавача) нестабілізована і подається безпосередньо від акумуляторної батареї через контакти реле К1 і контакти перемикача S2 "ОТКЛ"- "ВИКЛ", розташованого на передній панелі прийомопередавача. На мікрофонний підсилювач напруга живлення надходить через кабель, що з'єднує прийомопередавач із маніпулятором, і перемикач - тангенту S6 "ПЕРЕДАЧА", розташований у маніпуляторі. Всі інші каскади радіостанції живляться стабілізованою напругою від стабілізатора (СТАБ). На всі каскади приймача і шумоподавляч стабілізована напруга подається через контакти реле К1 і вхідний пристрій. Лампочка HL1 - індикатор розряду батареї (розміщена в маніпуляторі) працює тільки в режимі "ПЕРЕДАЧА".

Маніпулятор радіостанції виконує такі функції:

- комутацію ланцюгів прийом-передача при зміні режиму роботи;
- вмикання сигналу тональної частоти;
- сигналізацію (індикацію) розряду акумуляторної батареї;
- перетворення мовної інформації в напругу звукової частоти і посилення напруги звукової частоти;
- перетворення напруги звукової частоти в акустичні коливання.

Оборотний гучномовець (динамічна голівка) ВА перетворює акустичні коливання в напругу звукової частоти. Ця на-

пруга посилюється мікрофонним підсилювачем і подається по кабелю на вхід підмодулятора передавача радіостанції.

Радіостанція "Віола - Н" може працювати на такі типи антен: гнучку, укорочену і штирьову.

3.10 Застосування КХ-радіозв'язку у цивільному захисті

Особливості застосування коротких хвиль для організації зв'язку у підрозділах МНС України обумовлені властивостями їх розповсюдження. Короткі хвилі дозволяють забезпечити радіозв'язок на значні відстані навіть при невеликій потужності передавачів. Багаторазово відбиваючись від іоносфери і земної поверхні, короткі хвилі можуть навіть обігнути земну кулю. Тому КХ-радіозв'язок у цивільному захисті використовується для забезпечення зв'язку між гарнізонами в межах області або с гарнізонами других областей.

Найважливіші переваги зв'язку у КХ-діапазоні при організації зв'язку на великі відстані:

- безкоштовний зв'язок.

На відміну від дорогого супутникового зв'язку з високою вартістю за кожну хвилину зв'язку, КХ-зв'язок абсолютно безкоштовний.

- незалежність від інфраструктури зв'язку.

Короткі хвилі розповсюджуються на відстані тисяч кілометрів без якої б то ні було інфраструктури зв'язку типу радіорелейних ліній, ретрансляторів або супутників. Це значно підвищує рівень надійності КХ-зв'язку. Крім цього, не потрібні додаткові витрати на створення інфраструктури.

- мобільність.

КХ-устаткування може бути встановлене на автомобілі, що дозволяє здійснювати зв'язок під час руху без необхідності зупинятися і налаштовувати устаткування для роботи.

- гнучкість можливостей.

Сучасне устаткування КХ-діапазону має можливість передачі усіляких видів інформації. Крім голосового зв'язку, це

передача даних і файлів, факсів, електронної пошти, а також телефонний зв'язок з абонентами АТС.

- груповий контроль

КХ-зв'язок - ідеальний засіб для зв'язку з великою кількістю абонентів одночасно. Можливість групового виклику дозволяє проводити наради з групою абонентів мережі, знаходячись навіть у самих вилучених і важкодоступних регіонах.

3.10.1 Радіостанції КХ-діапазону, що знаходяться на озброєнні підрозділів МНС України

На озброєнні підрозділів МНС України знаходяться сучасні радіостанції КХ-діапазону низької та середньої потужності.

3.10.1.1 Радіостанція "Р-129"

"Р-129" - радіостанція переносна, короткохвильова, симплексна, CW/AM/SSB, із кварцовою стабілізацією частоти. Радіостанція призначена для зв'язку підрозділу, що працює на місці НС зі штабом. Радіостанція має дискретну сітку частот і забезпечує безпошукове входження в зв'язок і ведення зв'язку без підстроювання на фіксованих частотах з однотипними радіостанціями і радіостанціями типу "Р-130", "Р-130М", "Р-140". Радіостанція дозволяє організувати зв'язок з радіостанціями старого парку ("Р-104М", "Р-112") з пошуком і підстроюванням частоти в режимі амплітудної модуляції і маніпуляції (при цьому дальність і якість прийому технічними умовами не обумовляються). Радіостанція забезпечує спільну роботу на передачу з апаратурою швидкодії в режимі частотного телеграфування "ЧТ".

Робоча частота встановлюється трьома ручками - "ТІСЯЧІ", "СОТНІ", "ДЕСЯТКИ КГЦ" з десятковою системою відліку, що дозволяє встановлювати задану частоту в повній темряві. Перехід з режиму "ПРИЙОМ" у режим "ПЕРЕДАЧА"

здійснюється натисканням на тангенту мікротелефонної або ларингофонної гарнітури. Радіостанція забезпечує перехід із прийому на передачу, а також роботу в режимах SSB/AM по двухпровідній лінії довжиною до 2 км із телефонного проводу типу П-275 з винесеного телефонного апарата ТА-57.

Радіостанція має 1000 дискретних каналів зв'язку через 10 кГц, на яких забезпечується входження в зв'язок без пошуку і ведення зв'язку без підстроювання. При переході в плавний діапазон установка і підстроювання частоти робиться ручкою "ДЕСЯТКИ КГц". При роботі радіостанції на передачу в режимах CW/SSB/AM забезпечується контроль власної роботи з низької частоти на головні телефони. Зрушення частоти в режимі "ЧТ" щодо несучої в режимі "АТ" на будь-якій фіксованій частоті в нормальних умовах складає 250 ± 50 Гц. Для слухової телеграфної роботи приймач має регулятор тону, що забезпечує зміну тону низької частоти в межах 0-2 Гц. У радіостанції передбачена підзарядка акумуляторів від портативного зарядного пристрою типу Э-348М с ручним приводом.

Радіостанція забезпечує двосторонній беспошуковий і безпідстроєчний зв'язок при роботі з однотипною радіостанцією на місцевості середньої пересіченості в будь-який час року і доби, при припустимій зміні напруги на акумуляторах на $\pm 10\%$ на відстанях:

- с антеною "штир-1.5 м" у діапазоні 1.5-10.99 МГц: удень - до 10 км, уночі - до 5 км;
- с антеною "штир-4 м": удень - до 25 км, уночі - до 10 км;
- с антеною "похилий промінь" у діапазоні частот 1.5-4 МГц: удень - до 40 км, уночі - до 25 км;
- с антеною "симетричний вібратор" на частотах, обраних відповідно до радіопрогнозу: вдень і вночі - до 300 км.

Основні технічні характеристики радіостанції "Р-129" наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні технічні характеристики радіостанції "P-129"

Діапазон	1 – 10.99 МГц
Число піддіапазонів	10
Число дискретних каналів зв'язку	1000 (через 10 кГц)
Види робіт	CW/USB/AM/ЧТ
Передавач Вихідна потужність	0.5 - 1 Вт
Приймач Чутливість (при відношенні с/ш = 3:1, і при $U_{вих}$. На головних телефонах мікротелефонної гарнітури = 1.5 В)	у режимі CW-УЗК/SSB/AM не гірше 2 мкВ; у режимі "CW-ШИР" не гірше 3 мкВ
Вихідна напруга на клеммах "ЛІНІЯ-ЗЕМЛЯ"	не менш 0.7 В у при номінальній чутливості (на опорі 600 ± 50 Ом)
Смуга пропускання телеграфного тракту (на рівні 0.7)	не більш 450 Гц (вузька) і не менш 1 кГц (широка)
Підтримувані типи антен Гнучка антена "штир - 1.5 м"	Для роботи на стоянці і на ходу в діапазоні 1.5 -10.99 МГц
Антена "штир - 4 м"	Для роботи на стоянці
Антена "похилий промінь" із проти-вагою	Довжина полотнини 2 x 17 м з можливістю укорочення пліч до 10 і 7м
Антена "симетричний вібратор"	(довжина, що розгортається на щоглі висотою 10.5 м), пліч вібратора 20 м з можливістю укорочення пліч до 12 м
Кліматичні умови Діапазон температур навколишнього середовища	-50...+50 °С
Найбільша відносна вологість повітря	95...98% (при температурі $+40 \pm 2$ °С)
Найменший атмосферний тиск	400 мм.рт.ст.
Занурення у воду на глибину	50±2 см (від верхньої точки радіостанції з закритою передньою панеллю)

Продовження таблиці 3.3

Живлення Акумулятор 2НК.П-20У2 (2 шт. з'єднаних послідовно)	2 x 5 В = +10 В
Час безперервної роботи	8-9 годин (у CW режимі при співвідношенні часу прийому до часу передачі 3:1 (15 хв. на прийом і 5 хв. на передачу))
Повна вага комплексу радіостанції (без укладальної шухляди)	не більш 59.5 кг
Габаритні розміри і маса Упакування 1 (приймодіапазон без чохла) Упакування 2 (антенне майно) Упакування 3 (ПЗУ і запасні акумулятори)	378 x 188 x 410 мм; 20 кг 360 x 280 x 510 мм; 18 кг 330 x 200 x 115 мм; 11.5 кг

3.10.1.2 Радіостанція "P-130"

"P-130(M)" – КХ-радіостанція, симплексна, лампова, телефонно-телеграфна, з однополосною модуляцією, із кварцовою стабілізацією частоти.

Радіостанція має дискретну сітку частот і забезпечує безпошукове входження в зв'язок і ведення зв'язку без підстроювання на фіксованих частотах з однотипними радіостанціями та радіостанціями "P-104M", "P-112", "P-123", "P-129", "P-134", "P-140", "P-143". Радіостанція допускає роботу з шоломофоном. Перемикач діапазонів "P-130" - механічний, барабанного типу.

Радіостанція "P-130" забезпечує спільну роботу на передачу з апаратурою швидкодії в ЧТ, а також телефонну роботу через переговорний пристрій P-124 і без нього. Робоча частота встановлюється трьома ручками 'КІЛОГЕРЦІ - x1000, x100, x1' з десятиковою системою відліку, що дозволяє встановлювати частоту в повній темряві.

Радіостанція забезпечує перехід із прийому на передачу, а також роботу при однополосній модуляції (ОМ) і амплітудній модуляції (АМ) по двухпровідній лінії довжиною 2 км (телефонний провід типу П-275) з видаленого телефонного апарата "ТА-57". Перехід із прийому на передачу здійснюється натисканням на тангенту мікротелефонної гарнітури, тангенту нагрудного перемикача шоломофона, переключенням тумблера ПРМ/ПРД або замиканням контактів 4 і 5 роз'єму ТЛФ-2 на прийомопередавачі.

Радіостанція "Р-130" забезпечує:

- прийом і передачу телефонних сигналів при однополосній модуляції SSB;
- прийом телефонних сигналів при амплітудній модуляції;
- передачу телефонних сигналів при однополосній модуляції з несучою;
- прийом і передачу телеграфних сигналів при амплітудній маніпуляції (АТШ і АТУ);
- передачу телеграфних сигналів при частотній маніпуляції (ЧТ) ЧТ-500;
- черговий прийом у всіх зазначених видах робіт, крім частотної маніпуляції (ДЕЖ.ПРИЙОМ);
- передачу телеграфних сигналів з використанням апаратури швидкодії зі швидкістю телеграфування до 150 бод (ЧТ).

Радіостанція працює на наступні типи антен:

варіант А:

- антена "Штир-4м";
- антена "Похилий промінь" 17 м і укорочена 10 м;
- антена "Симетричний вібратор" 2 x 25 м і 2 x 15 м;
- антена зенітного випромінювання;

варіант Т:

- антена "Штир-4м";
- антена зенітного випромінювання;
- антена "Симетричний вібратор" 2 x 25 м і 2 x 15 м.

Можливе налаштування на антену "Штир-4 м" у діапазоні від 3 МГц і вище, і робота на антену "Штир-10 м" у діапазоні 1.5 - 6 МГц.

Основні блоки радіостанції мають наступні позначення на шильдиках: "P-130M-1" - прийомопередавач; "P-130M-2" - блок живлення підсилювача потужності (БП-260); "P-130M-3" - виносний погоджувальний пристрій, (УСУ-А) варіанта А; "P-130M-4" - виносний погоджувальний пристрій (УСУ-ТМ) варіанта Т; "P-130M-5" - симетруючий пристрій (ПС); "P-130M-6" - блок регулювання (БР); "P-130M-7" - блок узгодження (БУ).

Основні технічні характеристики радіостанції "P-130" наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Основні технічні характеристики радіостанції "P-130"

Діапазон частот	1.5 - 10.99 МГц (10 піддіапазонів)
Частотний план піддіапазонів	1.5-1.99, 2-2.99, 3-3.99, 4-4.99, 5-5.99, 6-6.99, 7-7.99, 8-8.99, 9-9.99, 10-10.99 МГц
Число дискретних каналів зв'язку	950 (по всьому діапазоні частот)
Крок	10 кГц
Межа зміни установки частоти	0 - 90 кГц (повільно, ручкою ДЕСЯТКИ КІЛОГЕРЦ)
Приймач: Чутливість (у режимах АТУ/АТШ/ОМ/АМ)	не гірше 2/5/3/10 мкВ (при співвідношенні сигнал/шум 3 до 1)
Ослаблення невикористовуваної LSB	не менш ніж у 70 разів (стосовно напруги USB)
Ослаблення чутливості по дзеркальному каналі	не менш 1000 разів (60 дБ) по напрузі
Ефективність роботи АРП	забезпечує зміну сигналу на виході приймача не більш ніж у 2.5 рази при зміні сигналу на вході від 20 мкВ до 20 мВ (1000 разів)

Продовження таблиці 3.4

Передавач	не менш 12-14 Вт (на 1, 2 поддиапазонах)
Вихідна потужність (в еквівалент антени опором 75 Ом) при напрузі бортової мережі 26 В	не менш 30-40 Вт (на інших поддиапазонах)
Діапазон температур навколишнього середовища	-40 ... + 50° С
Найбільша відносна вологість повітря	95...98 % при температурі +40° С
Електроживлення радіостанції	бортова мережа постійного струму 26 В $\pm 15\%$
Споживаний струм (передача/прийм)	не більш 13/3.5 А
Маса (варіант-а/варіант-т)	90/120 кг

Радіостанція “Р-130” випускається серіями 01 і 02.

У радіостанціях серії 01 проведені наступні зміни:

- перероблена система автоматики (з метою виключення помилкових налаштувань блоку підсилювача потужності (ПП));
 - змінена електрична схема передньої панелі (для забезпечення її вхідного опору з боку роз'єму ТЛФ-2, рівного 600 Ом);
 - перероблено блок УНЧ - об'єднані виходи мікрофонного і ларингофонного підсилювачів;
 - змінена комутація контурів блоку ВЧ (з метою виключення їх з ладу в момент переключення барабанного перемикача);
 - цілком перероблена система переключення, фіксації і контактна система барабанного перемикача;
 - перероблена конструкція шасі і передньої панелі (у зв'язку з припиненням випуску резисторів типу 10С и заміною їх резисторами СП5-15);
 - уведена екраніровка МТ гарнітури.
- У радіостанціях серії 02 проведені наступні зміни:
- введений амплітудний детектор (з метою забезпечення прийому сигналів радіостанцій старого парку);

- перероблений блок ФУ (для забезпечення запасу по величині реальної селективності);
- перероблений блок БП-УМ-26 (з метою запобігання виходу з ладу транзисторів при перевантаженнях у ланцюзі 800В).

Для поліпшення деяких електричних параметрів радіостанції, технологічності її виготовлення, ремонтпридатності і підвищення надійності була проведена модернізація радіостанції "P-130". Радіостанція "P-130М" є модернізованим варіантом радіостанції "P-130".

Модернізована радіостанція "P-130М" має наступні основні відмінності від радіостанції "P-130" (серій 01 і 02):

- у блоці підсилювача потужності вилучено лампу збігу. Уведено розрядник для захисту вхідної лампи приймача від сигналів могутніх радіостанцій. Блок автоматики конструктивно об'єднаний із блоком ПП;
- у блоці ВЧ уведено запирання лампи Л4 гетеродина для виключення появи струму в антені при віджатому ключі при роботі на передачу;
- амплітудний детектор об'єднаний із блоком ФУ. Змінено схему вихідних контурів блоку (замість двох контурів введений один з діодною комутацією);
- розділені низькочастотні входи на передачу і прийом (чотирьохпровідна лінія), уведено запирання лампи Л 14 блоку ФУ (УНЧ) по третій сітці (для виключення прослуховування тону на передачу при віджатому ключі);
- розроблений об'єднаний блок БПВ (об'єднані блоки БПВ і БПА радіостанції "P-130");
- блок УСУ-ТМ забезпечує можливість спільної роботи "P-130М" і "P-123МТ" на антену "Штир-4м" і дозволяє вести зв'язок через антену "Симетричний вібратор" при використанні блоку ПС;
- розділене посилення за низькою і високою частотою, забезпечена можливість ручного настроювання підсилювача потужності;

- забезпечена індикація рівня прийнятого сигналу приладом КОНТРОЛЬ;
- є можливість переходу на передачу без натискання тангенти МТ гарнітури;
- переглянуті і приведені до оптимальних величин між-каскадні напруги;
- блок ГЧТ виконаний на транзисторах з використанням автономного кварцового генератора;
- конструктивно перероблені блоки ФОС і УНЧ;
- перероблена передня панель прийомопередавача і блоку ВСУ-А в зв'язку з заміною приладу М592 приладом М2001, а потім приладом М4261.6 і М1131 (для блоку ВСУ-А).

За період випуску радіостанцій "Р-130М" були проведені наступні основні зміни:

- укорочена амортизаційна рама блоку живлення підсилювача потужності БП-260 (для поліпшення компоновання при установці радіостанції в об'єкті);
- перероблена амортизаційна рама прийомопередавача варіанта Т радіостанції;
- змінена конструкція наконечника кабелю, що з'єднує блок УСУ-ТМ із радіостанцією "Р-123МТ";
- змінена конструкція блоку ВСУ-А і його індикатор (з метою забезпечення можливості спільної роботи з радіостанцією "Р-123МТ");
- перероблена конструкція блоку УСУ-ТМ варіантів Т радіостанції - із гнучким валом і вбудованим приводом;
- перероблена схема блоку ФУ - лампа-ключ Л1 замінена ключовою схемою на напівпровідникових діодах;
- перероблена схема і конструкція блоку дільників частоти;
- перероблені перемикачі блоку ПП і барабанний перемикач блоку збудника;
- зроблена заміна ламп 1Ж29Б на лампи 1Ж29У, що мають велику довговічність;

- перероблена схема і конструкція блоку опорного генератора, у якому використаний резонатор-термостат нової конструкції з економічним живленням;
- відповідні зміни зроблені в блоці живлення збудника;
- уведена більш надійна схема включення реле ТКЕ 52 ПД1 поз. Р2 у блоці БП-260;
- перероблена схема блоку ВСУ-А з метою можливості перевірки настроювання радіостанції "Р-130М" без виходу в ефір на еквівалент антени "Штир-4м", вмонтований усередині блоку, а також сполучені ланцюги настроювання антени "Похилий промінь" з антеною типу "Штир-4м".

3.10.2 Перспективні радіостанції КХ-діапазону, що плануються до озброєння підрозділів МНС України.

3.10.2.1 Радіостанція Q-МАС "HF-90"

Радіостанція HF-90 виробництва компанії Q-МАС завоювала світове визнання, як сама компактна радіостанція КХ-діапазону. Незважаючи на малу вагу і мініатюрні розміри, дуже зручні саме для переносного використання, трансивер HF-90 забезпечує пікову потужність 50 Вт.

З моменту появи радіостанція HF-90 була значно удосконалена і пропонується зараз у складі всіляких (носимих, стаціонарних, мобільних) комплектів як для військового, так і для комерційного застосування. Повний спектр додаткового устаткування й аксесуарів, включаючи антени, блоки живлення і зарядні пристрої, переносні рюкзаки і багато чого іншого, забезпечує повну відповідність конфігурації потребам конкретного замовника.

Розробка виробником радіостанції опції псевдоймовірного перестроювання робочої частоти (ППРЧ) дозволила HF-90 стати єдиним у світі КХ-трансивером комерційного класу, що пропонує повнофункціональну можливість ППРЧ військового класу. Військовий трансивер Q-МАС із ППРЧ користується величезним попитом у військових організацій

і компаній, що потребують захисту зв'язку, забезпечуючи безумовний захист передачі інформації і високу перешкодостійкість.

Інші технічні переваги КХ-радіостанції Q-MAC HF-90:

- дуже висока вихідна потужність (50 Вт) для такого маленького трансивера, особливо в його варіанті, що носитья;
- висока чутливість приймача (0.25 мкВ);
- низьке споживання струму (2А - 10А на передачу);
- легкість і швидкість ремонту - навіть у польових умовах;
- час напрацювання на відмову не менш 6000 годин - завдяки простий, але досконалій конструкції радіостанції.

3.10.2.2 Радіостанція CODAN "NGT VR"

Радіостанція NGT VR виробництва компанії CODAN призначена для організації різних системних рішень голосового зв'язку професійного призначення. Серія NGT VR включає два типи трансивера: для стаціонарної станції - трансивер NGT VR з настільною консоллю і для мобільної станції - мобільний трансивер NGT VR, оптимізований для використання в автомобілі. Обоє трансивера серії NGT VR мають усі стандартні переваги сучасної КХ-технології, а також у їхню стандартну комплектацію входить пульт керування NGT у вигляді слухавки і функція цифрової обробки голосового сигналу Easitalk.

Технічні переваги КХ-радіостанції NGT VR:

- пульт керування у вигляді звичайної слухавки;
- можливість роботи з принципу "записної книжки";
- програмування "гарячих кнопок";
- селективний і аварійний виклики;
- вбудоване тестування;
- дистанційна діагностика;
- підвищена вибробстійкість (відповідність MI-STD-810E);
- гарантія 36 місяців.

Додатково можливе оснащення NGT VR голосовим скремблером, можливістю автоматичного керування зв'язком

САОМ, дистанційним діагностуванням і конфігуруванням, а також можливістю телефонного виклику.

Типи викликів:

- екстрений виклик

Тому що радіостанції NGT VR часто використовуються в зонах надзвичайних ситуацій і підвищеної небезпеки, вони оснащені унікальною функцією екстреного виклику. При натисканні кнопки екстреного виклику сигнал небезпеки автоматично надходить на заздалегідь обрані оператором радіостанції мережі.

- селективний виклик

Система селективного виклику CODAN не має рівних по надійності і можливостям. Селективний виклик дозволяє зробити виборчий виклик конкретного трансивера, і тільки цей трансивер відповідає на нього.

- груповий виклик

Селективний виклик може бути посланий як груповий виклик усім станціям або групі станцій мережі.

- телефонний виклик

Дана функція дозволяє здійснювати виклик абонента міської або відомчої АТС з окремої радіостанції і навпаки.

Устаткування CODAN використовує всі переваги КХ-радіозв'язку з застосуванням новітніх технологічних розробок, що забезпечує гнучкість системних можливостей і економічну ефективність мережі зв'язку.

Загалом, з огляду на сучасні технологічні можливості, КХ-радіозв'язок для організації зв'язку на далекі відстані у сфері цивільного захисту є серйозною альтернативою супутникового зв'язку.

Достатньо навести такий приклад. У 2004 році завершилися дослідження технічного центра НАТО, що протягом п'яти років проводив випробування супутникового і короткохвильового зв'язку між своїми центрами в Латинській Америці, Німеччині, Італії і Норвегії. Як супутникове устаткування використовувалися С-термінали INMARSAT з параболічною антеною, у якості КХ-устаткування - радіостанції компанії HARRIS, що

спеціалізується на виробництві військових КХ-радіостанції. При підрахунку результату витрат на види зв'язку враховувався термін роботи 10 років, включаючи амортизацію, витрати на обслуговування і ремонт.

Порівняння показало, що при необхідності значної кількості сеансів зв'язку використання КХ-апаратури знижує витрати в сотні разів, у порівнянні із супутниковим устаткуванням. А зважаючи на те, що радіостанції виробництва компаній Q-MAC і CODAN мають більш "швидкий" модем і вартість його значно нижче, ніж у HARRIS, різниця виходить ще більше.

3.11 Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів підрозділів МНС України

У гарнізоні МНС України система радіозв'язку містить у собі радіомережі і радіонапрямки та організується з урахуванням типів радіостанцій і відстаней між ними, умов проходження радіосигналів, а також наявності перешкод радіоприйому.

При плануванні мереж і напрямків радіозв'язку в гарнізоні МНС України, тобто в обмеженому територіальному районі, основне завдання полягає в тому, щоб оптимально розмістити стаціонарні радіостанції і розподілити робочі частоти між ними. Це необхідно для виключення або зведення до мінімуму ненавмисних електромагнітних перешкод, головною причиною виникнення яких є одночасний вплив на вхід радіоприймального пристрою декількох радіосигналів, що перевищують припустимий для нормальної роботи рівень сигналу.

Сигналами, що заважають, (перешкодами) є всі сигнали, що поступають на вхід радіоприймального пристрою, у тому числі і шуми, крім корисного сигналу, тобто сигналу, що містить необхідну інформацію.

Впливом зайвих радіосигналів (перешкод) можна зневажити, якщо відношення сигнал/перешкода (сигнал/шум) у точці прийому для заданого проміжку часу буде більше за

деяку визначену величину. Під цим відношенням розуміємо мінімальне відношення сигнал/перешкода на вході приймального пристрою, при якому радіоелектронний засіб функціонує, забезпечуючи необхідну якість зв'язку.

Здатність радіоелектронних засобів спільно й одночасно функціонувати з необхідною якістю при впливі ненавмисних електромагнітних перешкод (НЕМП) і не створювати при цьому неприпустимих перешкод іншим радіоелектронним засобам називається електромагнітною сумісністю (ЕМС).

Проблема ЕМС РЕЗ особливо гострою стала останнім часом. Причин виникнення цієї проблеми декілька.

По-перше, щороку збільшується кількість радіоелектронних засобів у збройних силах, міліції, МНС України, народному господарстві України і т.д. Це призводить до зростання числа пристроїв, що передають, працюючих на випромінювання, а значить створюючих ненавмисні електромагнітні перешкоди.

Відомо, що в останні роки кількість радіоелектронних засобів збільшується у світі кожні п'ять років приблизно в два рази. Наслідком цього є той факт, що на вхід будь-якого радіоприймального пристрою на сьогодні впливає біля 1000 різноманітних радіосигналів різного рівня і виду. Ці сигнали створюють як припустимі, так і неприпустимі рівні перешкод.

По-друге, різноманітні радіоелектронні засоби включають до складу автоматизованих систем управління, наприклад, в автоматизовану систему зв'язку й оперативного управління підрозділами МНС України. ЕОМ, що входять до їхнього складу, при роботі випромінюють електромагнітні коливання, створюючи тим самим перешкоди іншим РЕЗ.

По-третє, в останні роки значно підвищилися вимоги до забезпечення заданих тактико-технічних характеристик РЕЗ і, у першу чергу, до дальності дії. Це призводить, як правило, до збільшення потужності радіопередавача.

По-четверте, розвиток радіоелектронних засобів йде шляхом збільшення потужності передаючих пристроїв (а значить і до збільшення побічних випромінювань,

випромінювань на гармоніках і субгармоніках), створення і застосування складних радіосигналів (це призводить, як правило, до збільшення ширини спектра сигналу, а значить до створення ненавмисних перешкод), підвищення чутливості радіоприймальних пристроїв (при цьому на вході приймача відношення сигнал/перешкода зменшується, тобто з'являється можливість приймати приймачем велику кількість перешкод).

У п'ятих, випромінювання електромагнітної енергії передавачем і прийом її приймачем відбувається не тільки головним пелюстком діаграми спрямованості антен РЕЗ, але і бічними пелюстками. Це істотно важливо для антен, що мають кругову діаграму спрямованості, наприклад, для напівхвильових і чвертьхвильових вібраторів, застосовуваних у радіостанціях типу "Віола".

Для прогнозування можливих рівнів перешкод при організації радіозв'язку в гарнізоні МНС України необхідно враховувати чинники, що визначають електромагнітну обстановку (ЕМО), у якій функціонують радіозасоби підрозділів МНС України:

- діапазон робочих частот;
- потужність основного і побічних випромінювань передавача;
- чутливість приймача на робочій частоті при заданому відношенні сигнал/шум;
- вибірність приймача по сусідньому каналу прийому;
- діаграму спрямованості і коефіцієнт спрямованої дії антени в робочому діапазоні частот.

Крім цих чинників, на ЕМО серйозно впливають джерела перешкод, що не є засобами радіозв'язку. Електромагнітна обстановка залежить також від просторового, частотного і тимчасового розносу радіозасобів.

Роздивимося, від яких чинників залежить ЕМО гарнізону МНС України міста, особливо з розвинутою промисловістю і транспортом.

Радіостанція ЦПЗ забезпечує зв'язок у діапазоні робочих частот із пожежно-рятувальними частинами через їхні пункти зв'язку ПЗЧ1, ПЗЧ2, ...

На якість зв'язку впливають практично усі види транспорту: залізничний, автомобільний, міський електро-транспорт, лінії електропередач тощо.

Незалежно від того, що радіостанції різноманітних міністерств і відомств (Міністерства оборони, СБУ, міліції, державтоінспекції, швидкої допомоги, зв'язку й ін.), телевізійних компаній, таксі працюють на різних частотах, не зв'язані жорстко розташуванням на місцевості і часом радіозв'язку, вони через недосконалість апаратури створюють один одному ненавмисні електромагнітні перешкоди.

Великі перешкоди радіозасобам створюють електрозварювальні апарати й електродвигуни, що випромінюють індустриальні перешкоди (білий шум) у дуже широкому діапазоні частот.

Крім цього, в діапазоні коротких і ультракоротких хвиль істотний вплив на ЕМО роблять атмосферні перешкоди (електричні розряди), що мають широкий спектр частот.

Якщо в одному районі працюють декілька радіостанцій, на вхід приймача може впливати, крім корисного, декілька сигналів, що заважають. Якщо рівні цих сигналів достатньо великі, то, за рахунок нелінійності вхідних характеристик електронних приладів, можуть виникнути гармоніки цих сигналів. Взаємодія гармонік цих частот призводить до появи комбінаційних частот, що одержали назву інтермодуляційних перешкод РЕЗ. Найбільш небезпечними є комбінаційні частоти $2f_1 - f_2$ і $2f_2 - f_1$, які співпадають зі смугою пропускання приймача.

Для зменшення можливості виникнення заважаючих сигналів розробляється комплекс технічних і організаційних заходів.

До **технічних** відносяться заходи, що здійснюються на етапі проектування і виробництва РЕЗ.

Необхідно розробляти і застосовувати:

- екранування вузлів, каскадів, а також окремих елементів апаратури, наприклад, котушок індуктивності;
- помножувачі частоти з малими коефіцієнтами множення;
- вихідні каскади передавачів, що забезпечують необхідну дальність дії з запасом у 1.2...1.5 рази;
- гостронаправлені антени з великим коефіцієнтом спрямованої дії;
- радіоприймальні пристрої, що забезпечують високу вибірність по дзеркальному і сусідньому каналам;
- загороджувальні фільтри в ланцюгах електроживлення РЕЗ тощо.
- До **організаційних** заходів на етапі експлуатації РЕЗ відносяться:
 - скорочення часу роботи передавачів і зниження потужності випромінювань;
 - точне дотримання виділених робочих частот; раціональне розміщення РЕЗ на місцевості і т.д.

Припустимий рівень на вході приймача сигналу перешкоди $U_{\text{доп.м.}}$ (дБ) із точністю, достатньою для практичних розрахунків, може бути обчислений за допомогою такої емпіричної формули:

$$U_{\text{оп.м.}} = 63 + U + \sqrt{f - f_M} k, \quad (3.37)$$

де $k = 1 \text{ дБ}^2/\text{кГц}$ - коефіцієнт узгодження розмірності;

U - найменша величина корисного сигналу на вході приймача, дБ;

$f - f_M$ - частотний рознос між робочим і заважаючим каналами, кГц.

Вираз (3.37) справедливий для всіх каналів прийому у смузі частот:

$$50 \text{ кГц} \leq |f - f_M| \leq 2,5 \text{ МГц} \quad (3.38)$$

Співвідношення (3.37) дозволяє кількісно визначити захищеність приймача радіостанції. Користуючись формулою (3.37), можна оцінити ЕМО і визначити оптимальні частотні і просторові розноси радіостанцій.

Контрольні питання

1. Поясніть, як класифікують радіоприймачі.
2. Поясніть, як класифікують радіопередавачі.
3. Поясніть вимоги до радіопередавачів.
4. Поясніть призначення селекторів у багатоканальній системі зв'язку.
5. Поясніть призначення модулятора.
6. Поясніть призначення детектора в схемі радіоприймача.
7. Поясніть призначення елементів на узагальненій схемі радіопередавача.
8. Поясніть основні вимоги до радіоприймачів.
9. Поясніть функції радіоприймачів.
10. Поясніть показники якості радіопередавачів.
11. Поясніть функції радіопередавачів.
12. Поясніть призначення елементів на узагальненій схемі радіоприймача прямого підсилення.
13. Поясніть призначення елементів на узагальненій схемі радіоприймача супергетеродинного типу.
14. Поясніть показники якості радіоприймачів.
15. Визначте класифікацію електронних підсилювачів.
16. Поясніть призначення електронного підсилювача.
17. Перерахуйте і поясніть основні показники якості електронного підсилювача.
18. Поясніть особливості біполярних транзисторів, які варто враховувати при проектуванні підсилювачів.
19. Зобразіть типові схеми температурної стабілізації робочої точки підсилювача.
20. Зобразіть спрощену схему підсилювача і поясніть принцип вибору робочої точки.

21. Поясніть принцип дії підсилювача.
22. Зобразіть практичну схему підсилювача з загальним емітером (загальною базою, загальним колектором).
23. Поясніть, що таке місцевий і загальний зворотний зв'язок у підсилювачі.
24. Поясніть класифікацію підсилювачів із зворотнім зв'язком.
25. Поясніть, як впливає зворотний зв'язок на показники якості підсилювача.
26. Поясніть методику розрахунку дальності УКХ-радіозв'язку.
27. Що таке електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів?
28. Визначте причини виникнення проблеми ЕМС.
29. Поясніть, які чинники впливають на електромагнітну обстановку у гарнізоні МНС України.

4 ОСНОВИ ПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

4.1 Організація телефонного зв'язку

Мовлення людини являє собою сукупність звукових коливань. При телефонній розмові звукові коливання впливають на мікрофон, що перетворює їх у відповідні коливання електричного струму. Збуджені мікрофоном електричні коливання по провідних лініях зв'язку транслюються до пристрою, що перетворює електричні коливання в звукові. Таким пристроєм є телефон.

Найпростішу схему телефонного зв'язку подано на рис. 4.1. Мікрофон ВМ і телефон ВФ встановлені в кожному об'єкті, чим забезпечується можливість двосторонньої передачі промови. Ці прилади входять до складу телефонного апарата. Джерело струму GB служить для живлення мікрофона.

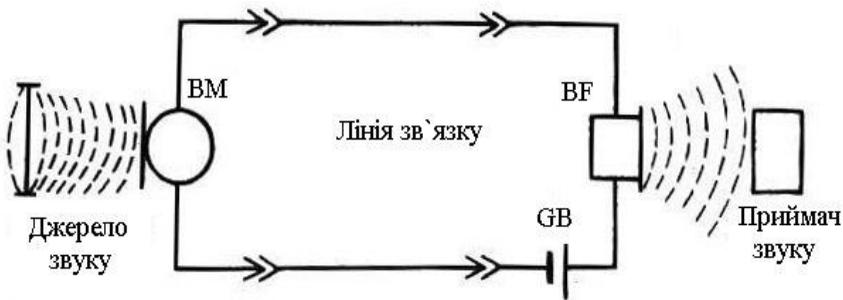


Рисунок 4.1. Схема найпростішої телефонної лінії:
ВМ – мікрофон; ВФ – телефон; ГВ – джерело живлення

При організації телефонного зв'язку всі телефонні апарати мережі безпосередньо між собою не з'єднуються. На території населеного пункту обладнується телефонна станція, куди за допомогою сполучних ліній включаються телефонні апарати. Станція за вимогою абонентів з'єднує лінії будь-яких двох апаратів між собою на час розмови, тобто виконує комутацію ліній, включених у станцію.

Сукупність пристроїв, що входять до системи електричної передачі, утворює тракт телефонної передачі або телефонний

тракт. Основними його елементами є телефонні апарати, лінії і комутаційне устаткування телефонних станцій.

У телефонних мережах великих міст і при організації зв'язку між містами з'єднання проходить через декілька телефонних станцій, віддалених одна від одної.

Відповідно до існуючої структури телефонних мереж в Україні, розрізняють такі основні види зв'язку:

- місцевий (міський і сільський);
- внутрізоновий (частіше усього в межах адміністративної області);
- міжміський (зв'язок між абонентами різних зон);
- міжнародний телефонний зв'язок з абонентами інших країн.

У підрозділах МНС України телефонний зв'язок застосовується для організації зв'язку сповіщення й оперативно-диспетчерського зв'язку.

Зв'язок сповіщення забезпечує передачу повідомлень про пожежі, аварії та стихійні лиха від заявників на ЦПЗ, пункт зв'язку частини (ПЗЧ) або пункт зв'язку загону (ПЗЗ).

Зв'язком сповіщення передбачається:

- з'єднання ЦПЗ із міськими автоматичними телефонними станціями вхідними сполучними лініями, призначеними спеціально для прийому сповіщень про НС. Зв'язок абонентів АТС із підрозділами МНС України здійснюється по спеціальних лініях набиранням двозначного номера "01". Абоненти відомчих АТС (ВАТС) виклик здійснюють набиранням інших, не обов'язково двозначних, номерів. Наприклад: "2-01", "9-01" і т.д.;

- з'єднання прямими лініями ЦПЗ, ПЗЗ, ПЗЧ із найбільш важливими об'єктами міста (великі заводи, електростанції, будинки з масовим перебуванням людей і т.д.);

Оперативно-диспетчерський зв'язок забезпечує прямий телефонний зв'язок з органами державного управління і службами взаємодії: швидкою допомогою, міліцією, газовою, енергетичною, водопровідною службами.

Мережа проводового зв'язку гарнізону МНС України включає:

- лінійні і кабельні споруди управління МНС України в області;

- мережу міжміського телефонного зв'язку для взаємодії з підрозділами МНС України інших міст, селищ, населених пунктів;

- мережу міського автоматичного телефонного зв'язку, що має радіально-вузлову структуру і використовує автоматичні телефонні станції (АТС) для обслуговування індивідуальних абонентів районів міста (через районні АТС-РАТС), абонентів особливо важливих об'єктів (ОВО), пунктів централізованої охорони (ПЦО) і абонентів виробничих автоматичних телефонних станцій (ВАТС);

- мережу телефонного зв'язку по спецлініях "01", що призначена для зв'язку з ЦПЗ будь-якого абонента МАТС, що має вихід на відповідну АТС (РАТС) і використовує лінії і комутаційне устаткування вузлів спеціального зв'язку міських АТС;

- мережу некомутованих (прямих) телефонних ліній, призначених для зв'язку ЦПЗ із стаціонарними пунктами зв'язку і з службами взаємодії;

- мережу телеграфного зв'язку для забезпечення документування інформації при обміні повідомленнями між абонентами;

- мережу фототелеграфного (факсимільного) зв'язку для обміну буквено-цифровою і графічною інформацією між абонентами;

- мережу для передачі даних і сигналів дистанційного керування між пунктами радіозв'язку, рухомими пунктами зв'язку, пунктами централізованої охорони і ЦПЗ;

- мережу сільського телефонного зв'язку, що складається із сукупності кінцевих, вузлових і центральних телефонних станцій, що працюють у ручному або автоматичному режимі й обслуговують індивідуальних абонентів і абонентів ОВО, ПЦО, ВАТС.

4.2 Основні положення теорії акустики

Акустика (від. грецьк. akustikos - слуховий) - у вузькому розумінні слова - наука про звук, тобто пружні коливання у газах, рідинах і твердих тілах, що може чути людське вухо (частоти таких коливань знаходяться в діапазоні від 6 Гц до 20 кГц); у широкому розумінні слова - це розділ фізики, що досліджує пружні коливання і хвилі від найнижчих частот (умовно від 0 Гц) до гранично високих частот (до 10^{14} Гц) та їхні взаємодії з речовиною і застосування цих коливань (хвиль).

Джерелом звукових коливань є коливне тіло, що створює коливання частинок навколишнього середовища.

Звукові коливання можуть бути періодичними і неперіодичними.

Періодичні коливання, у свою чергу, поділяються на синусоїдальні і несинусоїдальні. Прикладом несинусоїдальних періодичних коливань є звуки музичних інструментів. Звуки розмови відносяться до неперіодичних коливань.

Звукові коливання поширюються від джерела звуку у всіх напрямках у виді звукових хвиль. Звукові хвилі утворюють у навколишньому середовищі області згущення і розрядження, що поширюються у всі сторони від джерела звуку. Простір, у якому поширюються звукові хвилі, називається звуковим полем.

Звукові коливання характеризуються частотою F , періодом T і амплітудою A .

Частота коливань - кількісна характеристика періодичних коливань, що дорівнює відношенню числа циклів коливань до часу їх здійснення. Вимірюється частота коливань у Герцах (Гц).

Період коливань - це час, протягом якого відбулося одне повне коливання.

Між періодом і частотою існує така залежність:

$$F = \frac{1}{T}, \quad (4.1)$$

де F - частота коливань, Гц;

T - період коливань, с.

Амплітуда коливань - це найбільше відхилення коливного тіла від стана рівноваги.

Чим більше амплітуда коливань, тим більшу гучність має звук. Поблизу звучного тіла амплітуда коливань у будь-який момент часу визначається за формулою:

$$a(t) = A_0 \sin \Omega t, \quad (4.2)$$

де $a(t)$ - поточне значення амплітуди коливань;

A_0 - максимальне значення амплітуди коливань;

Ω - кругова частота коливання ($\Omega = 2 \cdot \pi \cdot F$);

t - поточний час.

Для амплітуди коливань на деякій відстані x від джерела звуку необхідно враховувати явище поглинання енергії звукових хвиль, що обумовлено внутрішнім тертям і теплопровідністю середовища. Амплітуда звукової хвилі залежить від x і змінюється за експоненціальним законом, тобто:

$$a(x) = A_0 e^{-\gamma x} \quad (4.3)$$

де $a(x)$ - амплітуда коливань на відстані x від джерела звуку;

γ - коефіцієнт поглинання звуку (залежить від температури і щільності середовища, у якому поширюються звукові коливання).

Поширення звукових коливань супроводжується коливальними рухами молекул середовища, тому відбуваються періодичні зміни тиску. Кількісно звуковий тиск оцінюється силою дії хвилі на площадку, розташовану перпендикулярно до напрямку поширення:

$$P = \frac{F}{S}, \quad (4.4)$$

де P - звуковий тиск, Па;

F - сила дії звукової хвилі, Н;

S - площа поверхні тіла, на яке впливає звукова хвиля, м².

Для синусоїдального коливання зміна тиску за часом може бути виражена співвідношенням:

$$P(t) = P_{\mu} \sin \Omega t, \quad (4.5)$$

де P_{μ} - амплітудне значення звукового тиску.

За величину звукового тиску в розрахунках приймається середньоквадратичне значення $P = P_{\mu} / \sqrt{2}$. Одиницею звукового тиску є паскаль (Па), який чисельно дорівнює тиску, що спричиняє сила в один ньютон на площі в один квадратний метр (Н/м²).

Для порівняння гучності звуку користуються величиною L_N , що вимірюється в дБ. Вона називається рівнем гучності звуку. Ця величина дорівнює:

$$L_N = 20 \lg \left(\frac{P_{\text{ЕФ}}}{P_0} \right), \quad (4.6)$$

де $P_0 = 20$ мкПа - стандартний поріг щільності звуку частотою 1 кГц;

$P_{\text{ЕФ}}$ - ефективний звуковий тиск для звуку стандартної частоти, яка дорівнює 1 кГц, та має таку ж гучність, що і досліджуваний звук.

Поширення звукових коливань супроводжується переміщенням частинок повітря, яке потребує витрат енергії.

Кількість звукової енергії, що проходить за 1 секунду через площадку в 1 м², розташовану перпендикулярно до напрямку звукової хвилі, називається **інтенсивністю звуку**. Інтенсивність звуку J виражається у ватах на квадратний метр (Вт/м²). При нормальному атмосферному тиску і температурі 20° С

співвідношення між інтенсивністю звуку і звуковим тиском має такий вид:

$$J = 2,41 \cdot 10^{-3} P^2; \quad P = 20,4 \sqrt{J} \quad (4.7)$$

Звукові коливання є коливаннями загасаючими: звукові хвилі, розповсюджуючись у просторі, слабшають по мірі віддалення від джерела. Це відбувається в силу розсіювання і поглинання середовищем звукової енергії. Таким чином, по мірі віддалення від джерела зменшуються інтенсивність звуку і звуковий тиск. Наприклад, при розмові середньої гучності звуковий тиск на відстані 3... 5 см від рота складає 1.0...1.5 Па, а на відстані 1м - тільки 0.05...0.01 Па.

У техніці телефонного зв'язку припадає мати справу з величинами інтенсивностей, що відрізняються одна від одної в $10^9 \dots 10^{10}$ разів. Тому для зручності розрахунків користуються не абсолютними значеннями інтенсивностей, а їхніми рівнями.

Рівнем інтенсивності звуку N називається логарифм відношення інтенсивності аналізованого звуку до інтенсивності звуку, взятої за початок відліку. Рівень інтенсивності, що вимірюється в децибелах (дБ), визначається співвідношенням

$$N = 1g (J/J_0), \quad (4.8)$$

де N - відносний рівень інтенсивності звуку, дБ;

J - інтенсивність звуку, рівень якого визначається, Вт/м²;

J₀ - інтенсивність звуку, що відповідає порогові чутності Вт/м².

4.3 Основні властивості звуків мовлення

Звуки мовлення утворюються в мовному апараті людини. До його складу входять легені, гортань з голосовими зв'язками і резонансними порожнинами, що утворюються ротом і носоглоткою. Крім того, істотну роль в утворенні звуків мовлення відіграють язик, зуби і губи.

Голосові зв'язки являють собою два мускульних валики, пружкість яких змінюється відповідно до звуків, що вимовляються.

Поток повітря з легенів приводить голосові зв'язки, що знаходяться на шляху повітряного потоку, в коливальний рух, за рахунок чого виникають звукові хвилі.

Звук, утворюваний голосовими зв'язками, надзвичайно багатий обертонами (гармоніками), що, проходячи через резонансні порожнини, зазнають різного посилення, в залежності від положення язика, зубів і губів при вимові. Цим обумовлюється формування звуків мовлення, тобто утворення звуків, що відповідають тим або іншим буквам.

Музичний звук - комплекс основного тону і гармонійних обертонів або часткових тонів. Обертон звучить слабше основного тону, разом із ним і на слух не розпізнається. Наявність і сила кожного з них визначають тембр звуку. Негармонійні обертони властиві звукам сирен, різноманітним шумам тощо.

Звуки, подібні до звуків мовлення, можуть утворюватися і без коливального руху голосових зв'язок. У цьому випадку джерелом коливань служать самі резонансні порожнини, у яких збуджуються власні коливання під дією поштовхів потоку повітря. Так утворюються звуки при розмові пошепки.

При звичайній розмові і співі сила і тон звуків залежать від швидкості руху повітря в гортані і натягу голосових зв'язок.

Кожному звуку мовлення відповідає посилення однієї або декількох областей частот. Ці посилені області називають формантними областями або формантами. **Форманта** - це акустична характеристика звуку мовлення (головним чином, гучного), що пов'язана з рівнем частоти голосового тону й створює тембр звуку. Одному звуку відповідає декілька посилених областей, проте основними, що визначають даний звук, є одна або дві, що називаються основними формантами.

Наприклад, звуку "І" відповідають основні форманти, розташовані поблизу від частот 400 і 800 Гц, звуку "О"- 500 і 850 Гц, звуку "А"- 800 і 1200 Гц, "Е"- 550 і 2100 Гц. Таким чи-

ном, основні форманти для звуків української мови знаходяться в межах від 200 до 8000 Гц, але більшість з них розташована в спектрі частот від 300 до 3400 Гц. Додаткові форманти визначають тембр звуку - характерні риси голосу кожної людини.

Основні вимоги до телефонного зв'язку полягають у забезпеченні достатньої розбірливості, щоб абоненти розуміли один одного без напруги.

Для цього цілком достатньо передавати смугу частот від 300 до 3400 Гц, що рекомендована для телефонного зв'язку. Розширення смуги частот дещо поліпшить якість передачі, але буде вимогами ускладнення і подорожчання апаратури. Тому для телефонного зв'язку на сьогодні використовується смуга частот від 300 до 2300 Гц.

Звукові коливання при мовленні мають визначену потужність, що залежить від гучності розмови. При розмові середньої гучності звукова потужність біля рота складає приблизно 10 мкВт, при голосній вимові - приблизно 1000 мкВт, при шепоті - 0.01 мкВт.

Діапазон зміни гучності звуків мовлення виражають у логарифмічному масштабі і називають динамічним діапазоном мовлення:

$$D = 10 \lg \frac{I_{\text{МАКС}}}{I_{\text{МИН}}} = 10 \lg \frac{1000}{0.01} = 50 \text{ дБ} . \quad (4.9)$$

Динамічний діапазон телефонної передачі складає 25... 30 дБ.

4.4 Слухове сприйняття звукових коливань

Якість телефонної передачі визначається з урахуванням законів слухового сприйняття, що визначають залежності суб'єктивного сприйняття звуку від об'єктивних характеристик звукового коливання.

Звукові коливання мають частоти в межах від 16 до 20000 Гц, тому що тільки коливання з цими частотами сприймаються на слух. Коливання з частотами нижче 16 Гц називаються **інфразвуковими**, а коливання з частотами вище 20000 Гц - **ультразвуковими**.

Зміна частоти в межах звукового діапазону на слух сприймається як зміна висоти тону, при цьому більш високим частотам відповідає велика висота тону. Зміна амплітуди коливання сприймається як зміна гучності звуку. Але гучність, що сприймається, залежить не тільки від амплітуди, але і від частоти звуку й інших факторів.

Органи слуху людини не однаково чутливі до звукових коливань різноманітної частоти. Найбільш чутливі вони до частот від 1000 Гц до 5000 Гц. На цих частотах сприймаються звукові коливання з дуже малими інтенсивностями. Для кожної частоти є **пори́г чу́тності**. Це мінімальна інтенсивність звукового коливання, при якій чутий звук. На рис. 4.2 пороги чу́тності різноманітних частот сполучені кривою, що є частотною характеристикою порога чу́тності.

Збільшення інтенсивності звукового коливання сприймається на слух як зростання гучності. При значному збільшенні інтенсивності гучність досягає величини, що викликає подразнення, і подальше нарощування інтенсивності призводить до болючих відчуттів.

Максимально припустимою є інтенсивність звуку, за якої відчуття звуку переходить у відчуття болю. Ця інтенсивність називається **порогом болючого відчуття**. Поро́г болючого відчуття для різноманітних частот є різним (верхня крива на рис. 4.2). Звукові коливання з інтенсивностями, які знаходяться між характеристиками порогів чу́тності і болючого відчуття, сприймаються слухом людини й утворюють **область слухового сприйняття**.

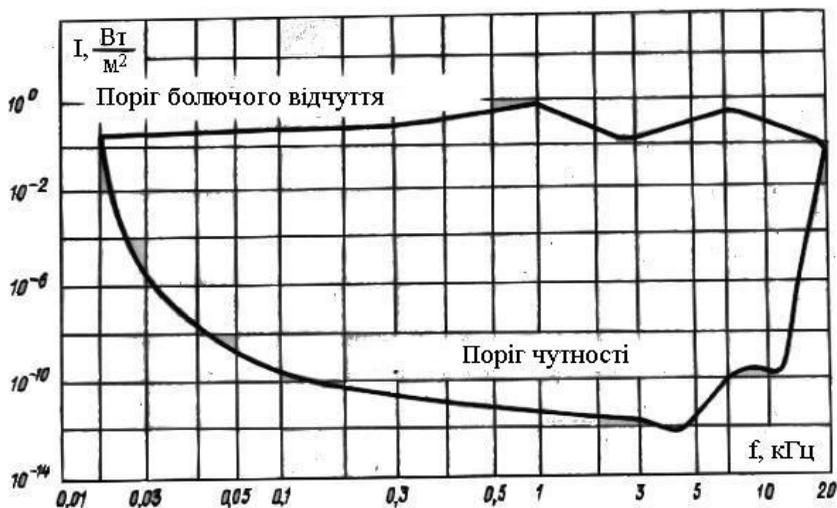


Рисунок 4.2 – Частотна характеристика порога чутності людини

При організації телефонного зв'язку враховуються деякі особливості слухового сприйняття - маскування звуків і адаптація слуху.

Маскування має місце при одночасному впливі переданого сигналу і звуку, що заважає, або шуму. При цьому чутливість слуху до переданого сигналу зменшується, особливо якщо звуки, що заважають, мають більш низьку частоту, ніж передані. Маскування звуків призводить до підвищення порога чутності сигналу при впливі перешкод, у порівнянні з порогом чутності сигналу без перешкод.

Адаптацією слуху називають здатність вуха змінювати свою чутливість, пристосовуючись до інтенсивності звукових коливань, що впливають на нього. Це явище спостерігається при швидкому чергуванні гучних і слабких звуків. Якщо слідом за гучним звуком відразу надходить слабкий, вухо не встигає пристосуватися до сприйняття, тому що початкова чутливість відновлюється через декілька секунд після припинення дії гучного звуку.

4.5 Електроакустичні перетворювачі

Пристрої, що перетворюють електричну енергію в звукову (акустичну) або, навпаки, звукову енергію в електричну, називаються **електроакустичними перетворювачами**. У телефонному зв'язку такими пристроями є мікрофон і телефон.

Більшість електроакустичних перетворювачів містить механічну коливальну систему, пов'язану з електричним ланцюгом.

При впливі звукових коливань на коливальну систему відбувається зміна якогось параметра електричного ланцюга, що призводить до зміни величини струму. Таким чином, звукові коливання перетворюються в коливання електричного струму.

Якщо ж перетворюються електричні коливання в звукові, то зміни струму в ланцюзі призводять до механічних коливань рухливої системи, що, у свою чергу, збуджує механічні коливання частинок навколишнього середовища, тобто викликає звук.

Якість роботи перетворювача оцінюється за наступними параметрами:

- **чутливістю**, що являє собою відношення корисного сигналу на виході пристрою до величини сигналу, що подається на його вхід;
- **спотвореннями**, що характеризують невідповідність між прийнятим та переданим сигналами.

За принципом роботи перетворювачі поділяються на:

- електродинамічні;
- електромагнітні;
- конденсаторні;
- п'єзоелектричні;
- напівпровідникові;
- вугільні.

Електродинамічні перетворювачі використовують принцип взаємодії магнітних полів постійного магніту і рухливої котушки індуктивності. При використанні їх у якості мікрофона звукові коливання впливають на рухливу котушку, вона

коливається в постійному магнітному полі й у ній індукується ЕРС. При роботі електродинамічного перетворювача в якості телефону розмовний перемінний струм подається на рухливу котушку. Магнітне поле, утворюване цим струмом, взаємодіє з полем постійного магніту, рухлива система коливається і збуджує звукові коливання з частотою розмовного струму. Електродинамічні перетворювачі вносять невеличкі спотворення, але мають малу чутливість, тому вони використовуються тільки у вимірювальних пристроях.

У п'єзоелектричних перетворювачів чутливість великою мірою залежить від температури, і вони мають низьку механічну стійкість. Тому п'єзоелектричні перетворювачі в телефонному зв'язку не використовуються.

Перетворювачі конденсаторного типу вносять у передачу незначні спотворення, але мають малу чутливість, тому не можуть широко застосовуватися в телефонному зв'язку.

Напівпровідникові перетворювачі можуть використовуватися в якості мікрофона, бо вони мають високу чутливість. Проте питання застосування їх у телефонному зв'язку ще недостатньо досліджене. У телефонному зв'язку найбільшого поширення набули вугільні мікрофони й електромагнітні телефони.

4.6 Вугільний мікрофон. Побудова і принцип дії

Робота вугільного мікрофона заснована на зміні опору вугільного порошку під дією звукових коливань. Основними частинами вугільного мікрофона (рис.4.3) є:

- мембрана;
- рухливий електрод;
- нерухомий електрод;
- вугільний порошок;
- корпус.

Вугільний мікрофон включається до ланцюга постійного струму й одержує живлення від батареї GB. У ланцюг мікрофона включений навантажувальний опір Z.

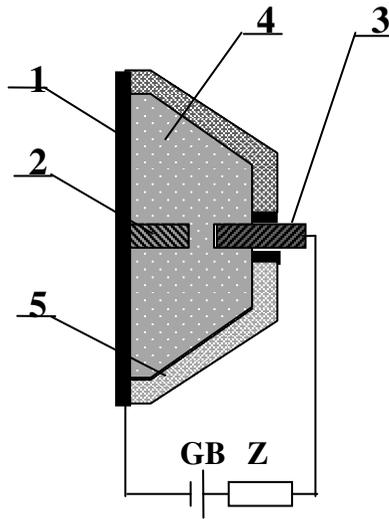


Рисунок 4.3 – Побудова вугільного мікрофону

1 – мембрана; 2 – рухомий електрод; 3 – нерухомий електрод;
4 – вугільний порошок; 5 – корпус

Процес перетворення звукових коливань в електричні за допомогою вугільного мікрофону показаний на рис.4.4 у вигляді кривих зміни звукового тиску P , опору вугільного порошку r і струму в ланцюзі i .

Коли на мембрану не діють звукові хвилі, вона знаходиться в стані спокою. В цей час у ланцюзі протікає постійний струм I_0 .

Якщо на мікрофон діють звукові коливання синусоїдальної форми, мембрана здійснює коливання відповідної частоти разом із рухливим електродом. При цьому відбувається періодична зміна щільності та, відповідно, опору вугільного порошку. Зі зміною опору змінюється величина струму, а у ланцюзі мікрофону протікає пульсуючий струм. Постійна складова цього струму I_0 є струмом живлення мікрофону, а перемінна складова являє собою розмовний струм. Характер зміни розмовного струму

відповідає зміні звукового тиску. Таким чином, відбувається перетворення звукових коливань на електричні

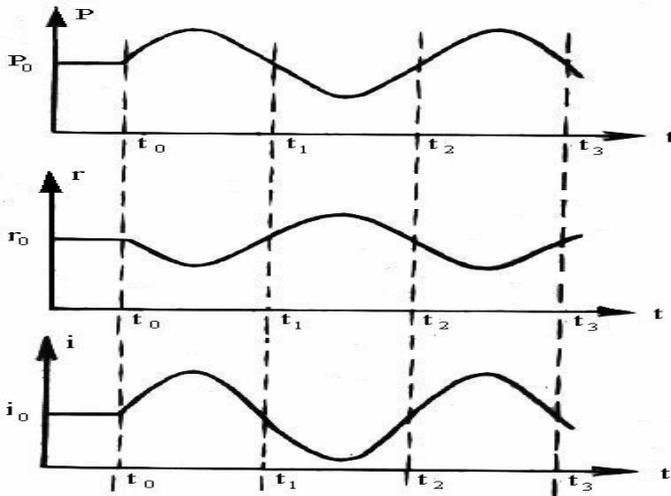


Рисунок 4.4 – Криві зміни звукового тиску P , опору вугільного порошку r та струму при роботі вугільного мікрофону

Опір вугільного мікрофону постійному струму визначається опором вугільного порошку, який залежить від щільності зіткнення окремих зерен між собою. Між зернами утворюються контактні містки, що створюють шлях для струму між нерухомим і рухливим електродами.

Розрізняють статичний і динамічний опори мікрофону.

Статичним опором R_C називають опір мікрофону за відсутності звукового збудження.

Динамічний опір R_g - це опір мікрофону при впливі звукових коливань.

Контактні містки, утворені в статичному стані між окремими зернами вугільного порошку, при впливі звукових коливань порушуються й опір мікрофону збільшується. Тому динамічний опір, як правило, є більшим за статичний.

Опір вугільного мікрофону залежить від величини струму живлення, від розміру вугільних зерен та їхньої термічної

обробки. При використанні грубозернистого порошку його опір менше, дрібнозернистого - більше.

За величиною опору мікрофони поділяються на:

- низькоомні, з опором 30...80 Ом;
- середньоомні, з опором не більше 120 Ом;
- високоомні, з опором не більше 210 Ом.

Найпростішу схему включення вугільного мікрофона до електричного ланцюга подано на рис. 4.5.

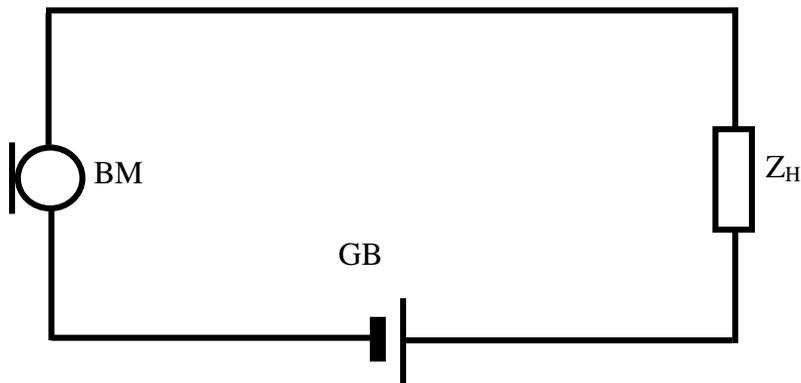


Рисунок 4.5 – Найпростіша схема включення вугільного мікрофону:

BM – вугільний мікрофон; GB – джерело живлення; Z_H – опір навантаження

Тут Z_H позначає активний опір, що є навантаженням мікрофонного ланцюга.

При синусоїдальній формі звукових коливань миттєве значення струму в ланцюзі може бути виражено формулою:

$$i = \frac{U}{R_H + R_g - R_a \sin \omega t}, \quad (4.10)$$

де R_g - середнє значення динамічного опору мікрофона, Ом;

R_a - амплітуда перемінної складової опору мікрофона, Ом;

ω - кутова частота звукових коливань, c^{-1} .

Позначимо $R_H + R_g = R$, тоді вираз для струму в ланцюзі матиме вигляд:

$$i = \frac{U}{R - R_a \sin^2 \omega t} = \frac{U}{R} \left(\frac{1}{1 - (R_a/R) \sin^2 \omega t} \right). \quad (4.11)$$

Відношення R/R_a називається **коефіцієнтом модуляції** і позначається буквою m . З урахуванням цього, вираз для струму матиме вигляд:

$$i = \frac{U}{R} \left(\frac{1}{1 - m \sin^2 \omega t} \right). \quad (4.12)$$

Вираз

$$\frac{1}{1 - m \sin^2 \omega t}$$

може бути поданий у вигляді ряду:

$$1 + m \sin^2 \omega t + m^2 \sin^4 \omega t + m^3 \sin^6 \omega t + \dots$$

Ступені $\sin^2 \omega t$, що входять до цієї формули, можна представити через синуси і косинуси подвійної, потрійної і т.д. частоти:

$$\sin^2 \omega t = \frac{1}{2} (1 - \cos 2 \omega t)$$

$$\sin^3 \omega t = \frac{1}{4} (3 \sin \omega t - \sin 3 \omega t)$$

Таким чином, звуковому тиску, що змінюється синусоїдально, відповідає несинусоїдальна зміна струму в мікрофонному ланцюзі. Це призводить до нелінійних спотворень, що на слух сприймаються як поява додаткових звуків при одночасній зміні тембру.

Особливо значними будуть ці спотворення при дуже голосній передачі, тому що в цьому випадку збільшується величина R_a , а отже, і коефіцієнт модуляції m . За малої m можна знехтувати елементами ряду, крім двох перших, і тоді вираз для струму приблизно можна записати як:

$$i \approx \frac{U}{R} + m \frac{U}{R} \sin \omega t \quad (4.13)$$

Тут перший доданок позначає струм живлення мікрофона I_0 , а другий доданок - розмовний струм i . Якщо обидві частини рівняння помножити на суму опорів мікрофонного ланцюга, то одержимо вираз для ЕРС мікрофона:

$$e = i(R_H + R_g) = m \frac{U}{R} (R_H + R_g) \sin \omega t \quad (4.14)$$

Після підстановки і скорочення отримаємо:

$$e = I_0 R_a \sin \omega t. \quad (4.15)$$

З цього рівняння очевидно, що ЕРС мікрофона пропорційна до струму живлення й амплітуди перемінної складової динамічного опору мікрофона R_a . Величина R_a залежить від величини опору мікрофона - у високоомних мікрофонів вона більша, у низькоомних - менша. У зв'язку з цим установлюються норми для струмів живлення мікрофонів: у високоомних - до 30 мА, у середньоомних - до 35 мА, у низькоомних - до 80 мА.

Перевищення норми струму живлення створює значне збільшення власних шумів мікрофона, що викликаються інтенсивним перерозподілом зв'язків між зернами порошку.

Основним електроакустичним параметром, що визначає якість роботи мікрофона, є його чутливість.

Чутливість мікрофона визначається відношенням ЕРС, що розвивається мікрофоном, до звукового тиску у тому місці поля, де знаходиться мікрофон, і виражається формулою:

$$S_M = \frac{E}{P}, \quad (4.16)$$

де E - діюче значення ЕРС мікрофона, В;

P - звуковий тиск, Па.

Чутливість вугільного мікрофона на різноманітних частотах різниться. Залежність чутливості мікрофона від частоти називається частотною характеристикою чутливості мікрофона. Різде зростання чутливості на визначеній частоті розмовного спектра обумовлено резонансом, що виникає при збігу цієї частоти з частотою звукових коливань мембрани.

Нерівномірний характер частотної характеристики обумовлюють амплітудно-частотні спотворення, що сприймаються на слух як спотворення тембру голосу при телефонній розмові.

Конструктивно змінюючи розмір (товщину і діаметр) мембрани, можна її власну частоту винести за межі розмовного спектру. При цьому характеристика стане більш рівномірною, але зменшиться величина чутливості.

Форма кривої частотної характеристики також залежить від розмірів і форми повітряного об'єму між корпусом мікрофона й іншими його частинами. Отже, зі зміною конструкції змінюється характер частотної залежності чутливості мікрофона. Частотні характеристики деяких мікрофонів подані на рис. 4.6.

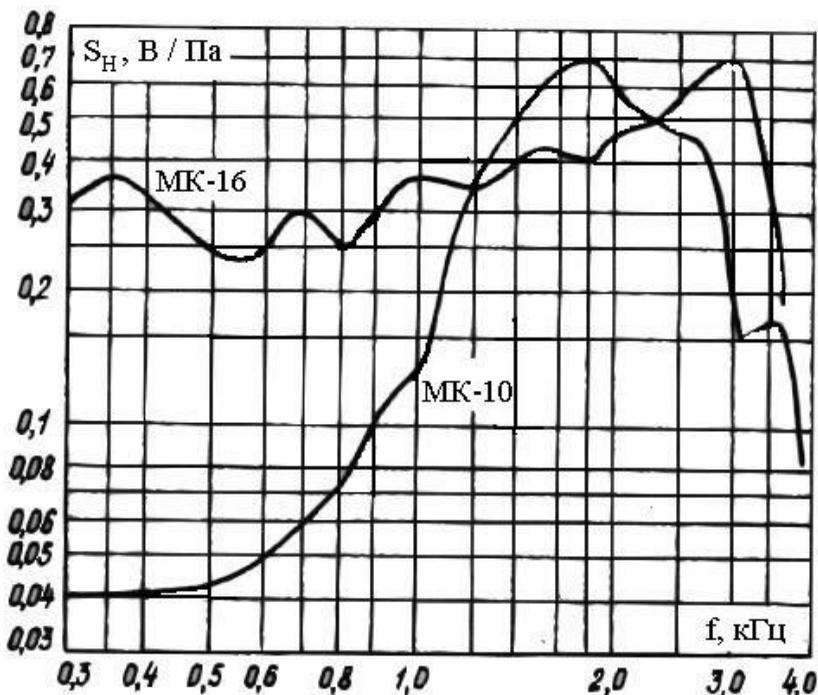


Рисунок 4.6 – Частотні характеристики деяких вугільних мікрофонів

Для об'єктивної оцінки якості роботи мікрофонів користуються величинами середньої чутливості S_{MCP} і коефіцієнта нерівномірності ΔS_M .

Середня чутливість визначається як середнє арифметичне значення чутливості мікрофона в даній смузі частот і виражається формулою:

$$S_{MCP} = \frac{1}{n} (S_{M1} + S_{M2} + \dots + S_{Mn}) \quad (4.17)$$

де n - число частот, на яких визначена чутливість.

Коефіцієнт нерівномірності частотної характеристики чутливості мікрофона виражається в децибелах і визначається за формулою:

$$\Delta S_M = 20 \lg \frac{S_{M \text{МАКС}}}{S_{M \text{МИН}}}, \quad (4.18)$$

де $S_{M \text{МАКС}}$ - найбільше значення чутливості в аналізованому діапазоні частот;

$S_{M \text{МИН}}$ - найменше значення чутливості в тому ж діапазоні.

При порівнянні двох мікрофонів за названими показниками кращий з них буде мати більше значення середньої чутливості і меншу величину коефіцієнта нерівномірності.

Основною позитивною якістю вугільного мікрофона, що забезпечує його широке застосування в телефонному зв'язку, є його відносна простота і дешевина, а також підсилювальна здатність – потужність електричних коливань, збуджуваних мікрофоном, значно перевищує потужність звукових коливань, що діють на мембрану.

Недоліками вугільного мікрофона є: гігроскопічність вугільного порошку, залежність опору від положення в просторі і величини струму живлення, а також значні нелінійні спотворення і власні шуми.

Якість роботи вугільного мікрофона може бути поліпшена підвищенням герметизації вугільного порошку і покращенням його якості, вибором відповідної форми електродів та ін.

В окремих випадках можуть бути використані електромагнітні або електродинамічні мікрофони. Проте ці мікрофони не мають підсилювальних властивостей, тому в таких випадках використовуються підсилювачі, що включаються на виході мікрофона, - підсилювачі передачі.

4.7 Електромагнітний телефон

Електромагнітний телефон, що використовується при телефонній передачі як перетворювач електричних коливань у звукові, поданий на рис. 4.7 в ескізному виді.

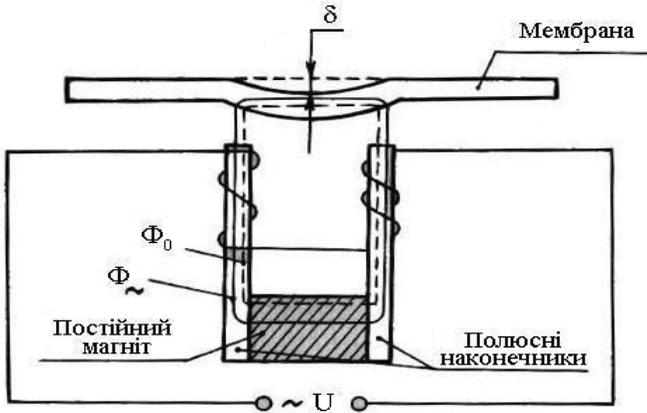


Рисунок 4.7 - Схема електромагнітного телефону
 Φ_0 – постійний магнітний потік; Φ_{\sim} – перемінний магнітний потік; δ – амплітуда коливань мембрани; U – напруга розмовного сигналу

Телефон містить постійний магніт, котушки із сердечниками - полюсними надставками і металеву мембрану. Під дією постійного магніту, що створює магнітний потік Φ_0 , мембрана знаходиться в притягнутому стані і має перемінний магнітний потік Φ_{\sim} . Магнітні потоки Φ_0 і Φ_{\sim} замикаються через полюсні надставки, мембрану і повітряний зазор між ними. У цей час мембрана знаходиться під впливом сумарного потоку, величина якого змінюється, отже, мембрана чинить коливальні рухи. Якщо в обмотку телефону подавати розмовний струм, то коливання мембрани будуть відтворювати передану промову.

Даний електромагнітний перетворювач може бути використаний і в ролі мікрофона, якщо на його мембрану направити звукові коливання. При зміні положення мембрани щодо полюсних надставок змінюється величина магнітного потоку.

Обмотки котушок опиняться під впливом магнітного поля, що змінюється, і в них буде індукуватися перемінна напруга, частота якої відповідає частоті звукових коливань. Таким чином, відбувається перетворення звукових коливань в електричні. Проте величина напруги, отриманої в цьому випадку, буде значно менша за напругу, отриману за допомогою вугільного мікрофона. Тому використання електромагнітного перетворювача в ролі мікрофона без підсилювача неможливо.

На якість роботи електромагнітного телефону великий вплив справляє величина магнітного потоку постійного магніту. Для з'ясування ролі постійного магніту в телефоні роздивимось процеси, що відбуваються в ньому.

За відсутності струму в обмотках телефону на мембрану діє сила F_0 , утворювана магнітним потоком, Φ_0 :

$$F_0 = k \Phi_0^2, \quad (4.19)$$

де k - коефіцієнт, що залежить від конструкції магнітної системи телефону.

Якщо по обмотці телефону пропустити перемінний струм, то на мембрану буде діяти сила F , обумовлена сумою магнітних потоків Φ_0 і Φ_{\sim} :

$$\begin{aligned} F &= k (\Phi_0 + \Phi_{\sim})^2 = k (\Phi_0 + \Phi_M \sin \omega t)^2 = \\ &= k \Phi_0^2 + 2k \Phi_0 \Phi_M \sin \omega t + k \Phi_M^2 \sin^2 \omega t, \end{aligned} \quad (4.20)$$

де Φ_M - амплітуда перемінного магнітного потоку.

Оскільки

$$\sin^2 \omega t = (1 - \cos 2 \omega t) / 2,$$

отримаємо

$$\begin{aligned} F &= k \Phi_0^2 + 0.5 k \Phi_M^2 + 2k \Phi_0 \Phi_M \sin \omega t - \\ &\quad - 0.5 k \Phi_M^2 \cos 2 \omega t. \end{aligned} \quad (4.21)$$

Отриманий вираз можна розглядати як суму двох сил:

- перша сила:

$$F_1 = k \Phi_0^2 + 0.5 k \Phi_M^2.$$

F_1 - це постійна сила, що забезпечує утримання мембрани в притягнутому стані;

- друга сила

$$F_2 = 2k \Phi_O \Phi_M \sin \omega t - 0.5 k \Phi_M^2 \cos 2\omega t.$$

F_2 - це перемінна сила, що забезпечує коливання мембрани.

Величина другої сили визначається двома складовими частинами.

Перша означає силу, що впливає на мембрану з частотою струму, який проходить по обмотці телефону; друга характеризує силу, що створює коливання мембрани з подвійною частотою.

Подвоєння частоти викликає спотворення при телефонній передачі. Щоб їх уникнути, необхідно зменшити вплив сили, обумовленої другим доданком.

Якщо виконується співвідношення $\Phi_O \gg \Phi_M$, то другим доданком у порівнянні з першим можна зневажити і вважати, що мембрана буде коливатися з частотою струму, що проходить по обмотці телефону, тобто

$$F_2 = 2k \Phi_O \Phi_M \sin \omega t. \quad (4.22)$$

З виразу (4.22) очевидно, що амплітуда F_2 визначається добутком $\Phi_O \Phi_M$.

Оскільки $\Phi_O \gg \Phi_M$, значить силу F_2 можна збільшити за рахунок збільшення потоку Φ_O . При значному збільшенні Φ_O може наступити насичення магнітного ланцюга телефону, коли зміна струму в обмотці не викличе змін магнітного потоку, і мембрана коливатися не буде.

Поряд із розглянутими телефонами з простою магнітною системою у цивільному захисті знаходять застосування телефони з диференціальною магнітною системою (рис.4.8).

Тут постійний магніт з полюсними накладками, між якими знаходиться корпус котушки. У середині котушки розміщений якір, сполучений із мембраною. При проходженні через котушку перемінного струму виникає магнітний потік, який

взаємодіє з потоком постійного магніту. В один напівперіод відбувається додавання постійного і перемінного потоків через верхній полюсний наконечник, і ярів із мембраною зміщується догори; у другий напівперіод посилюється потік через нижній полюсний наконечник, і ярів переміщується униз.

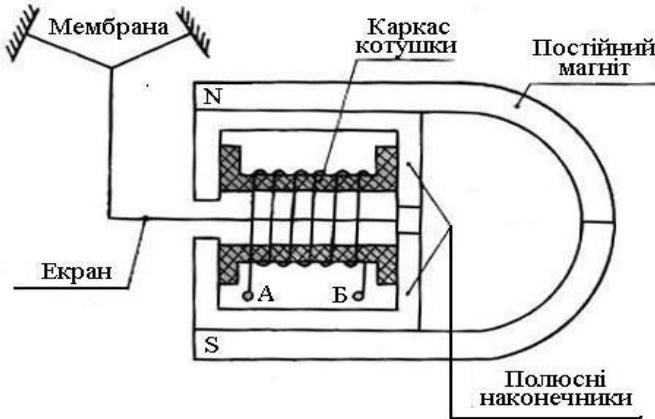


Рисунок 4.8 – Схема телефону з диференціальною магнітною системою

На ярів і мембрану діють дві сили:

$$\begin{aligned}
 F_1 &= k(\Phi_0 + \Phi_M \sin \omega t)^2, \\
 F_2 &= k(\Phi_0 - \Phi_M \sin \omega t)^2.
 \end{aligned}
 \tag{4.23}$$

Коливання ярка і мембрани відбувається за рахунок цих двох сил:

$$F = F_1 - F_2 = 4 k \Phi_0 \Phi_M \sin \omega t
 \tag{4.24}$$

Вираз для сили, що коливає мембрану, не містить доданків з подвійною частотою, тому телефон із диференціальною магнітною системою не вносить нелінійних спотворень у передачу. Крім того, чутливість телефону з диференціальною магнітною системою значно вище. Проте такі телефони мають більш складну конструкцію і широкого застосування не одержали.

Диференціальні перетворювачі застосовуються в спеціальних апаратах, розрахованих на роботу з підвищеним рівнем навколишніх шумів, наприклад, на кораблі, у шахті, в умовах гасіння пожежі (польовий телефонний апарат ТА-57, що застосовується для організації зв'язку на пожежі). У цих апаратах використовуються телефонні капсули ДЕМК із диференціальною магнітною системою.

Основним електроакустичним параметром, що визначає якість роботи телефону, є чутливість.

Чутливістю телефону називається відношення величини звукового тиску, що розвивається телефоном, до величини перемінної напруги на його кінцевих контактах:

$$S_T = \frac{P}{U}. \quad (4.25)$$

При визначенні чутливості телефону звуковий тиск замірюється в камері штучного вуха - спеціального вимірювального приладу, що імітує вухо людини.

Залежність чутливості телефону від звукової частоти називається частотною характеристикою чутливості телефону. Частотні характеристики деяких типових телефонів приведені на рис.4.9.

З графіків очевидно, що телефон ТК-47 має явно виражену резонансну характеристику. У телефоні ТА-4 у більшій частині розмовного спектра характеристика рівномірна за рахунок застосування акустичної перегородки, розміщеної під мембраною, через що збільшується чутливість на низьких частотах і зменшується - на резонансних частотах.

У телефоні ТК-67 також застосовується спеціальна акустична корекція, що забезпечує більш рівномірний характер частотної характеристики.

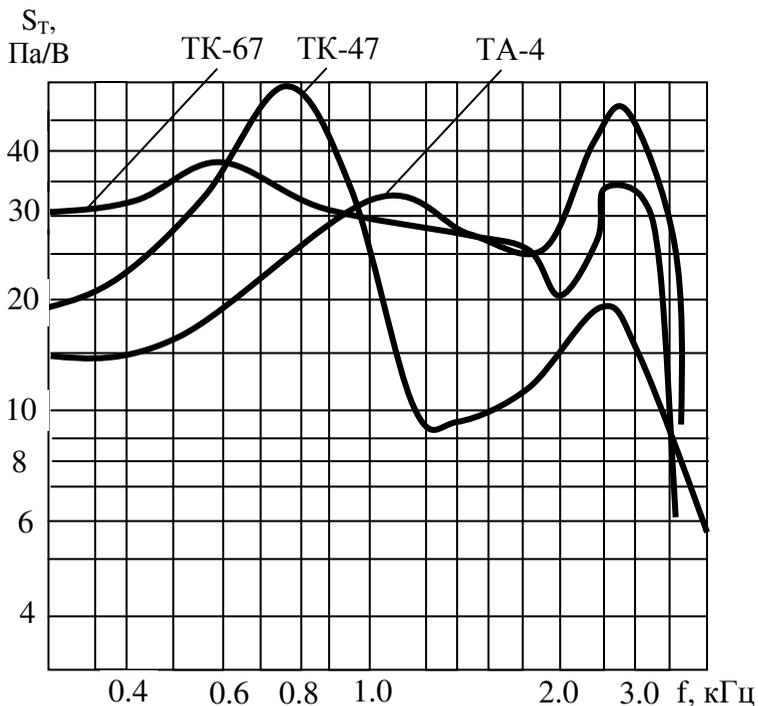


Рисунок 4.9 – Частотні характеристики деяких сучасних телефонів

Для порівняння різноманітних телефонних капсулів між собою користуються такими величинами:

- середньою чутливістю S_{TCP} , що визначається як середнє арифметичне значення чутливості в заданій смузі частот:

$$S_{TCP} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{Ti}; \quad (4.26)$$

- коефіцієнтом нерівномірності частотної характеристики, що визначається за формулою

$$\Delta S_M = 20 \lg \frac{S_{MMAKС}}{S_{MMIN}}. \quad (4.27)$$

Величина ΔS_M вимірюється у децибелах.

4.8 Організація зв'язку “01”

Для виклику диспетчера пожежної-рятувальної служби абонент набирає номер “01”. При наборі цифри “0” відбувається з'єднання з вузлом спецзв'язку (ВСЗ) міської телефонної мережі (МТМ), а при наборі “1” устанавлюється зв'язок із диспетчером ЦПЗ по одній із спеціаліній “01”.

Абонентів МТМ можна розділити на категорії:

- абоненти квартирного сектора;
- абоненти господарського сектора (фірми, підприємства і т.п.);
- абоненти сектора телефону-автомата (таксофонів);
- абоненти відомчих автоматичних телефонних станцій (ВАТС).

Схема зв'язку абонентів районної АТС (РАТС) із диспетчером ЦПЗ виконується наступним чином.

У невеликих містах вузол спецзв'язку встановлюється на одній із районних АТС, у дещо більших виділяється в самостійний вузол, а у дуже великих містах (Київ, Харків) можлива організація двох і більше ВСЗ, з'єднаних із декількома РАТС. Зв'язок між ВСЗ і РАТС здійснюється по спеціально виділених пучках сполучних ліній, що використовуються не тільки для передачі повідомлень про пожежі, аварії та стихійні лиха, але і для викликів довідково-інформаційного (спецслужби “05”...“09”) і екстреного (спецслужби “01”...“04”) характеру.

На ВСЗ робиться розподіл викликів різних спецслужб за напрямками. Наприклад, на електронних АТС це здійснюється шляхом виділення відповідних електронних контактів і абонентських комплектів для абонентів “01”, “02” і т.д.

Вузол спецзв'язку з'єднується з ЦПЗ пучком сполучних ліній (спеціаліній 01) через комплекти реле сполучних ліній спецслужб. Ємність пучка залежить від можливого числа викликів, що надходять.

Спеціалінії 01 підключаються до станції оперативного зв'язку (СОЗ) типу ПОС-90, СОС-30М або аналогічних до них. Всі СОЗ, що перебувають на озброєнні підрозділів МНС України – із ручним керуванням (ручною комутацією). Звичайно число ліній “01” більше за кількість диспетчерів, що обслуговують

виклики, які надходять до ЦПЗ. При надходженні в момент зайнятості всіх диспетчерів, виклик, займаючи вільну лінію, чекає на обслуговування.

Процес обслуговування виклику на ділянці “BC3-диспетчер” формально можна представити у виді системи масового обслуговування з обмеженим числом місць очікування. При відомому потоці викликів, що надходять, і часі обговорення одного виклику можна розрахувати оптимальну структуру системи обслуговування.

У залежності від навантаження, спецлінії “01” на BC3 можуть включатися повнодоступно та неповнодоступно.

При повнодоступному вмиканні (ПВ) будь-яка лінія пучка, що включається у виходи комутаційної системи, доступна будь-якому джерелу навантаження, що підключається до входів цієї системи.

При неповнодоступному вмиканні (НПВ) кожний із входів комутаційних приладів не може підключатися до всіх ліній пучка (не має до них доступу).

При будь-якому вмиканні схеми з'єднань абонентів можуть бути одноланковими і багатоланковими. У цивільному захисті застосовуються, в основному, одноланкові вмикання, при яких вхід і вихід комутаційної системи АТС (BC3) з'єднуються через одну точку комутації (один елемент).

ПВ і НПВ характеризуються доступністю, числом навантажувальних груп і коефіцієнтів ущільнення.

Якщо джерелу навантаження недоступно D із V сполучних ліній “01”, то параметр D називається **доступністю**. Величина D визначається технічними характеристиками пристроїв комутації АТС (BC3).

Якщо для обслуговування викликів, що надходять, потрібно таке число сполучних ліній, до яких використовувані засоби комутації можуть забезпечити доступність із боку кожного джерела навантаження, то можливо утворення повнодоступного пучка ($V(D)$). Якщо ж телефонне навантаження групи джерел вимагає для її обслуговування більше сполучних ліній, ніж величина доступності, яку можна забезпечити за допомогою

комутаційних пристроїв, то в цьому випадку сполучні лінії утворюють неповнодоступний пучок.

Неповнодоступний пучок характеризується коефіцієнтом ущільнення:

$$K_y = \frac{n_r}{V}, \quad (4.28)$$

де n_r - навантажувальна група, що містить визначену частину джерел навантаження, виклики від яких можуть обслуговуватися тими самими лініями пучка.

Звичайно величину K_y вибирають у межах 2...4.

Система спецзв'язку "01", як і будь-яка система обслуговування, характеризується навантаженням і показниками якості обслуговування викликів.

На ЦПЗ надходить не тільки потік повідомлень про пожежі, аварії та стихійні лиха, але і велике число викликів, що заважають, створюють додаткове навантаження на диспетчерів.

До таких викликів відносяться:

- виклики абонентів, що помилково набрали номер "01";
- виклики, що пройшли в результаті збоїв апаратури АТС;
- виклики з метою одержання довідок і ін.

В окрему групу можна виділити "помилкові" виклики, при яких абонент подає диспетчеру ЦПЗ свідомо помилкові відомості про пожежу, аварію або стихійне лихо. Такі виклики не тільки завантажують диспетчера, але, в багатьох випадках, приводять до помилкових виїздів підрозділів МНС України.

У результаті заняття ліній існує імовірність P втрат викликів. Втрати цілком залежать від числа ліній "01", кількості диспетчерів, числа підключених робочих місць СОЗ і способу обслуговування (ручний, автоматичний) на ЦПЗ. Якщо ця імовірність $P > 0.03$, то можуть виникати повторні виклики.

Припустимо, що при виклику абонентом ЦПЗ усі лінії "01" зайняті. Отримавши відмову в обслуговуванні, абонент

буде повторювати набір “01” доти, поки не додзвониться до диспетчера ЦПЗ.

До ЦПЗ надходить навантаження:

$$\gamma = \lambda_{\Sigma} T_{\text{обс1}}, \quad (4.29)$$

де λ_{Σ} - сумарна інтенсивність викликів,

$T_{\text{обс1}}$ - час, через який абонент, що викликає, звільнить лінію (“попереднє” обслуговування).

Це лише частина часу, що витрачається диспетчером на обслуговування виклику. Крім прийому виклику, диспетчер витрачає час на опрацювання заявки, прийняття управлінського рішення і видачу наказів підрозділам МНС України ($T_{\text{обс2}}$).

Пропускна спроможність підсистеми прийому викликів по спецлініях “01” буде залежати від числа спецліній “01” і диспетчерів. Причому важливо забезпечити високу пропускну спроможність із добрими показниками якості обслуговування викликів.

У цивільному захисті найбільш широко застосовується схема рівнобіжного підключення спецліній “01” до диспетчерських пультав із ручним прийомом викликів, коли кожний диспетчер може прийняти виклик, що надійшов по будь-якій спецлінії “01”. У цьому випадку процес прийому викликів можна формалізувати у вигляді системи масового обслуговування з обмеженим числом місць очікування. Дійсно, у момент часу, коли всі диспетчери зайняті прийомом викликів, черговий виклик, що надійшов, буде очікувати початку обслуговування, зайнявши одну зі спецліній “01”, тобто ту спецлінію “01”, по якій він надійшов. Оскільки число спецліній “01” є обмеженим, то в момент часу, коли вони усі зайняті (обслуговуються й чекають обслуговування), черговий виклик, що надійшов, одержить відмову в обслуговуванні.

Пропускна спроможність підсистеми прийому викликів визначається середнім числом викликів, що обслуговуються підсистемою в одиницю часу (абсолютна пропускна спроможність):

$$A = \lambda g \quad (4.30)$$

де λ - інтенсивність потоку викликів, що надходять у підсистему;
 g - відносна пропускну спроможність підсистеми.

Відносна пропускну спроможність підсистеми визначається виразом:

$$g = 1 - P, \quad (4.31)$$

де P - імовірність утрати виклику.

З виразів (4.30) і (4.31) видно, що для підвищення абсолютної пропускну спроможності підсистеми прийому викликів, що надходять із визначеною інтенсивністю, необхідно зменшити імовірність утрати виклику.

Оскільки диспетчер підсистеми взаємодіє з абонентами, то, з погляду системного підходу, при оптимізації підсистеми необхідно враховувати людський чинник. Він буде, в основному, визначатися ступенем завантаженості диспетчера. Ступінь навантаження можна оцінити за допомогою **коефіцієнта завантаженості** K_g , який представляє собою відношення часу, у впродовж якого диспетчер зайнятий обслуговуванням виклику, до загального часу його роботи. Припустимою нормою, за якої напруженість діяльності диспетчера (оператора) не позначається на його працездатності, є значення $0,3 \leq K_g \leq 0,75$.

Людський чинник пов'язаний також із поводженням абонента, що залежить від якості обслуговування викликів. Погіршення якості обслуговування викликів (збільшення втрат викликів або часу очікування) може привести до появи повторних викликів.

У реальних умовах виклик втрачається, якщо він надходить у момент зайнятості всіх спецліній "01", але джерело цього виклику - абонент, - як правило, не відмовляється від обслуговування і здійснює повторні виклики (спроби) із метою домогтися обслуговування.

Повторні виклики можуть виникати не тільки через зайнятість спецліній "01", а також через нетерплячість абонента,

оскільки при деякому критичному значенні $t_{кр}$ часу очікування початку обслуговування абонент може відключитися від підсистеми. Необхідність у передачі інформації (наприклад, про пожежу) змусить абонента повторно набрати номер "01", тобто призведе до виникнення повторних викликів.

Повторні виклики небажані, оскільки в окремих випадках (задимленість приміщення, відкриті вогнища пожежі і т.д.) абонент може не мати можливості повторити виклик; для обслуговування викликів із повторними спробами встановлення з'єднання потрібні додаткові ресурси підсистеми.

У реальних системах обслуговування потік повторних викликів практично не спостерігається при якості обслуговування викликів з імовірністю утрати викликів $P \leq 0,03$. Нормоване значення імовірності утрати виклику в службі "01" $P_H = 0,001$.

Нормоване значення імовірності втрат P_H прийнято за умови, що по спецлініях "01" надходять тільки виклики - повідомлення. Фактично ж виклики - повідомлення про пожежі, аварії, стихійні лиха - складають від 1% до 10% (з урахуванням декількох повідомлень про ту саму НС) від загального числа викликів, що надходять по спецлініях "01", тому фактична імовірність утрати виклику - повідомлення $P_{\phi} = 0,0001 \dots 0,00001$. У такий спосіб за нормоване значення імовірності утрати виклику для підсистеми варто приймати $0,01 \geq P_H \geq 0,001$.

Практично середній час очікування обслуговування викликів, що надходять у підсистему, для різних міст знаходиться у межах 2...10 с (без урахування затримки виклику в комплексах АТС), але може досягати великих значень 15...30 с при перевантаженні диспетчерів.

За норму середнього часу очікування виклику, в залежності від поведінки абонента прийняте $t \leq 10$ с.

Для розрахунку необхідного числа ліній "01" і диспетчерів, що обслуговують виклики, вирішується наступна задача.

Задаються значення λ , P_1 (імовірність утрати виклику), K_g , $T_{обс1}$, $T_{обс2}$. Приймаємо, що $T_{обс1} = \text{const}$, тоді:

$$T_{\text{обс}2} = T_{\text{обс}1} + T_{\text{обс}0}, \quad (4.32)$$

де $T_{\text{обс}0}$ - час зайнятості диспетчера при опрацюванні прийнятого виклику.

Оскільки в підсистему надходить найпростіший потік викликів, а час обслуговування підкоряється показниковому закону розподілу, можна скористатися формулами Ерланга.

Рішення даної задачі проводиться за наступним алгоритмом:

1. Інтенсивність попереднього обслуговування викликів:

$$\mu = \frac{1}{T_{\text{обс}1}} \quad (4.33)$$

2. Імовірність того, що обслуговуванням зайнято k ліній:

$$P_k = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot \frac{1}{k}}{\sum_{k=0}^n \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k} \quad (4.34)$$

3. Імовірність того, що всі лінії вільні:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k} \quad (4.35)$$

4. Позначивши $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$, вираз (4.52) можна представити

у виді:

$$P = \frac{\alpha^k}{k!} P_0, \text{ при } k = 1, 2, \dots, n; \quad (4...36)$$

$$\sum_{k=0}^n P_k = 1 \quad (4.37)$$

5. Імовірність того, що виклик не буде прийнятий на обслуговування:

$$P_H = \frac{a^n}{n!} P_0 \quad (4.38)$$

6. Імовірність того, що виклик буде прийнятий на обслуговування:

$$P_{\text{обс}} = 1 - P_H \quad (4.39)$$

Цим виразом характеризується пропускна спроможність підсистеми.

7. Абсолютна пропускна спроможність підсистеми:

$$A = \lambda P_{\text{обс}} = \lambda(1 - P_H) \quad (4.40)$$

8. Середнє число зайнятих ліній:

$$N_3 = \sum_{k=1}^n k P_k = \sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{(k-1)!} P_0 \quad (4.41)$$

або
$$N_3 = \frac{A}{\mu} = \frac{\lambda(1 - P_n)}{\mu} = \lambda T_{\text{обс}} (1 - P_0) = \alpha(1 - P_n)$$

9. Коефіцієнт зайнятості ліній:

$$k_3 = \frac{N_3}{n} \quad (4.42)$$

10. Середнє число вільних ліній:

$$N_0 = \sum_{k=0}^{n-1} (n-k) P_k = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{a^k (n-1)}{k!} P_0 \quad (4.43)$$

11. Коефіцієнт простою ліній:

$$k_o = \frac{N_0}{n} \quad (4.44)$$

Збільшуючи число ліній від 1 до n , знаходимо таке значення імовірності того, що виклик не буде прийнятий на обслуговування, яке б задовольняло заданому P_1 :

$$P_H \leq P_1$$

У реальних умовах на пропускну спроможність підсистеми, крім λ і μ , впливають число ліній і $T_{обс1}$, а також характеристики надійності апаратури.

Тому фактична пропускну спроможність підсистеми:

$$g_{TM} = (1 - \tau_H) k_G, \quad (4.45)$$

де $k_G \leq 1$ - коефіцієнт готовності апаратури;

$$N_\Phi = \frac{n_1}{k_G}, \quad (4.46)$$

де n_1 - число ліній, отримане при розрахунку без урахування показників надійності апаратури.

Для визначення числа диспетчерів можна зробити і спрощений розрахунок. Знаючи максимальне число викликів, що надходять у підсистему протягом доби λ_Σ , і максимальне значення $T_{обс2}$, визначимо повне навантаження на диспетчерів у зміну:

$$v_g = \lambda_\Sigma T_{обс2}$$

Знаючи припустиме навантаження на одного диспетчера в зміну, можна знайти необхідне число диспетчерів:

$$n_g = \frac{\gamma_g}{\gamma_{lg}}, \quad (4.47)$$

де γ_{lg} - нормоване значення навантаження на одного диспетчера.

4.9 Пристрій автоматичного визначення номера телефонного абонента

Пристрій визначення номера (ПВН) призначено для визначення номерів абонентів і оснащено апаратурою автоматичного визначення номера (АВН).

Він є додатковим устаткуванням до станцій оперативного зв'язку типу ПОС-90 і СОС-30М і взаємодіє з устаткуванням АТС через спеціальні релейні комплекти сполучних ліній (РСЛ).

Пристрій визначення номера забезпечує:

- визначення номера телефону абонента, що викликає, при надходженні виклику з індивідуального телефону, з абонентського комплекту спарених абонентів, із таксофона або виділеної таксофонної групи, з УАТС або підстанції;
- індикацію номера телефону абонента у цифровому виді семизначного числа й одного знака категорії абонента на світлових табло робочих місць станцій оперативного зв'язку (СОС);
- можливість почергового обслуговування до чотирьох робочих місць операторів із тривалістю обслуговування одного робочого місця менше 1.4 с;
- можливість визначення номера в розмовному стані при кожному запиті інформації від АВН із боку оператора;
- можливість визначення номера як при роботі з фізичними, так і ущільненими сполучними лініями.

У пристрій визначення номера входять:

- центральний прийомопередаючий пристрій (ЦППП);
- комплекти вторинних джерел живлення;
- периферійні індикаторні пристрої (ППП)
- світлове табло;
- органи керування і сигналізації.

ЦППП призначено для:

- прийому команд на визначення номера, що надходять із ППП;
- посилення запиту у бік АТС;

- прийому інформації про номер і категорію абонента, що викликає, про порядок проходження кодованих цифр інформації, переданих апаратурою АВН;
- перевірки інформації за чотирма категоріями слухності визначення номера (відповідність прийнятої цифри коду "2" із "6", безпаузність прийнятої інформації, збіг першої і десятої прийнятої комбінації, слухність всіх одинадцяти комбінацій);
- видачі в точно визначеному порядку інформації в ППП відповідного робочого місця.

ППП призначено для індикації семизначного номера й одного знака категорії абонента, що викликає, на світловому табло.

Робота апаратури АВН разом з апаратурою АВН АТС полягає в наступному.

При наборі цифри "0" абонент підключається до нульової декади ІГШ. При наборі цифри "1" абонент підключається до апаратури спецслужби "01" і через комплект реле сполучних ліній, сполучну лінію, лінійний комплект станції оперативного зв'язку з'єднується з ЦПЗ.

При визначенні категорії і номера телефону абонента всі дії проводяться автоматично без участі диспетчера ЦПЗ. Сигнал запиту з ЦПЗ надходить у проміжні реєстри АВН, після вмикання яких інформація про номер і категорію телефону абонента, що викликає, надходить у ЦПЗ ПВН, де індукується номер і категорія телефону на ППП.

4.10 Факсимільний зв'язок

Часто виникає необхідність передати зображення по звичайних телефонних лініях зв'язку. У тому числі текст будь-якою мовою, часто навіть написаний від руки, документи, креслення, ділові листи, накази, фотографії, схеми. Для цієї цілі і служить система факсимільного зв'язку.

Перше покоління факсимільної технології - це фототелеграф.

Можливості сучасної електроніки істотно розширили масштаби факсимільної передачі як засобу обміну інформацією.

Стало вже звичним, що на офіційному бланку багатьох організацій поряд з адресою і телефоном приводиться номер факсу. Слово “факс” має латинське походження від "facio-similis" - відтворити подібне.

Факсимільні засоби забезпечують доставку будь-якої документальної інформації при повній автоматизації процесів передачі і прийому. Основна особливість методу полягає в тому, що він забезпечує найбільш повну відповідність переданого зображення оригіналу.

Загальні принципи передачі нерухомого графічного зображення по каналах зв'язку багато в чому схожі з тими, що використовуються в телебаченні. Різниця лише в тому, що засобами телебачення передаються зображення, що рухаються, тобто послідовність швидко (25 разів у секунду) змінюючих один одного кадрів. При цьому зміна кадрів не помітна для органів зору людини.

При факсимільному зв'язку швидкість передачі зображення визначається технічними можливостями передачі єдиного кадру. У передаючій частині факсимільного апарата, що передає, світловий промінь переглядає (сканує) нерухоме зображення й утворює на світлочутливому приймачі його електричну копію. Кожній точці (осередку) зображення оригіналу відповідає електричний сигнал. У процесі він перетворюється в послідовність "0" і "1" – цифрову кодову комбінацію. Цифрові комбінації перетворюються далі в аналогові сигнали – у послідовність імпульсів, що і надходять у канал зв'язку.

На приймальній стороні процес відбувається в оберненому порядку. Аналогові сигнали декодуються і перетворюються на цифрове зображення, що роздруковується на папері.

Таким чином, факсимільний апарат являє собою комплекс механічних, оптичних і електронних пристроїв для передачі нерухомих зображень по каналах зв'язку. Перераховані операції в тому або іншому виді реалізовані у факсимільному апараті будь-якої системи і постійно удосконалюються з появою нових технічних рішень.

Сучасний факсимільний апарат є по суті спеціалізованим комп'ютером для передачі зображень по звичайних телефонних каналах. Розглянемо більш докладно будову і принцип дії такого апарата.

"Серцем" апарата є мікроконтролер, що управляє роботою периферійних пристроїв, зчитувача зображення, пристрою термодруку, пульта керування і модему.

Кожний елемент апарата побудований на основі найбільш надійної і дешевої електронної технології, що реалізує дану функцію. Пристрій дозволяє передавати на тисячі кілометрів зображення формату звичайного листа паперу А4 (21x29 см) із можливістю відображення 1728 x 1160 точок.

У середньому звичайний факсимільний апарат може відображати 8 точок на 1 мм. Цього достатньо, щоб точно відтворювати рукописні тексти і рисунки.

Зчитувач зображення побудований на основі пристрою з зарядовим зв'язком. Подібна технологія використана, наприклад, у динамічних ОЗП і ПЗП. На відміну від звичайного оперативного запам'ятовуючого пристрою, кристал кремнію з нанесеною на нього регулярною структурою світлочутливих осередків пам'яті відкритий для сприйняття зображень. За допомогою оптичної системи зображення рядку переноситься на кристал. Мікроконтролер синхронізує переміщення оригіналу і рядкове зчитування зображення на світлочутливий елемент. Освітлені і затемнені ділянки оригіналу формують у відповідних осередках кристала значення "0" і "1".

Таким чином, зображення "оцифровується". Оцифроване зображення переноситься в оперативну пам'ять мікроконтролера. Для забезпечення високої якості зображення, захисту від перешкод і ущільнення введені в пам'ять цифрові коди опрацьовуються мікроконтролером.

З оперативної пам'яті оброблений цифровий код надходить у модем (МОдулятор-ДЕМОдулятор) електричних сигналів.

Модем перетворює цифровий код зображення в низькочастотний сигнал, що передається далі по звичайній телефонній лінії. Вмонтований у факсимільний апарат модем побудований

на основі цифрових процесорів, що формують і оброблюють електричні сигнали. Від засобу модуляції (протоколу), використовуваного в модемі, залежить швидкість передачі зображення. Дані протоколи, відповідно до рекомендацій Міжнародного консультативного комітету по телефонії і телеграфії (МККТТ), класифікуються за чотирма групами.

У сучасних факсимільних апаратах використовують протоколи третьої і четвертої груп МККТТ (G 3 і G 4). Вони дозволяють передавати по телефонних каналах оцифровані зображення. Передача зображення формату А4 складає менше однієї хвилини при використанні швидкості передачі по телефонній лінії 9600 Бод.

Важливим елементом протоколів є кодування (стиск даних) оцифрованих факсимільних зображень. Воно не тільки призводить до скорочення обсягу переданої інформації і заощадує час передачі зображень, але і забезпечує сумісність протоколів цієї групи.

Тому засоби кодування, як і засоби модуляції, входять до області стандартизації МККТТ. Рекомендація цього комітету для факсимільної апаратури третьої групи встановлює так звану одномірну схему кодування, у якій кодуються довжини білих і чорних серій елементів зображень за допомогою коду Хаффмена. Рядок розгортки містить 1828 білих або чорних елементів, кожний із яких зображується в оцифрованому вигляді як "0" або "1". Таким чином, рядкова розгортка відображається у виді масиву рядків двоїстих цифр, що утворюють випадкову послідовність.

Код Хаффмена враховує статичні властивості чорно-білих зображень і являє собою код довжин серій "0" або "1", у якому довжина кодової комбінації пов'язана з можливістю появи серії, що кодується, в оцифрованому масиві даного зображення. Чим більше можливість (частота) появи серії, тим менше довжина кодової комбінації для такої серії. Для кодових комбінацій складається спеціальна таблиця, що дозволяє відновити оригінальний зміст оцифрованого масиву. У загальному

випадку повний кодовий опис рядка зображення складається з трьох частин: "дані", "заповнення", "кінець рядка".

"Дані" - це послідовність кодових комбінацій "чорних" і "білих" серій одного рядка зображення, розташована у послідовності розгортки рядка.

Код "кінець рядка" супроводжує комбінацію кожного рядка, а також передає першому рядку розгортки.

Послідовність "заповнення" (послідовність "0...0") передається між послідовностями "дані" і "кінець рядка" для того, щоб час передачі рядка був не менше встановленого стандартом процедури передачі. Закінчення передачі сторінки документа позначається серією із шести послідовностей "кінець рядка".

Використання кодування Хаффмена дозволяє скоротити об'єм переданої інформації у 3...5 разів, що значно підвищує ефективність систем факсимільної передачі. При прийомі зображення модем демодулює електричні сигнали, що надходять по телефонному каналу.

Мікроконтролер відновлює зі стиснутого цифрового коду оригінальний код оцифрованого зображення, а потім прийнята факсимільна копія оригінального зображення друкується на папері.

У факсимільному апараті використовуються, як правило, недорогі прості пристрої термодруку, що забезпечують достатньо високий рівень друку.

Для вибору режимів керування факсимільним апаратом і запровадження команд служить спеціальна клавіатура, схожа на клавіатуру телефонного апарата з кнопковим керуванням. Користуючись нею, можна ввести в пам'ять апарата телефонні номери кореспондентів, витягати з пам'яті номери для з'єднання по телефону, робити набір телефонного номери, переключити апарат на режим звичайної телефонної розмови.

Всім цим управляє мікроконтролер апарата. Він також здійснює і додатковий сервіс, корисний при оцінці загального часу роботи апарата, суми оплати телефонних рахунків. У пам'яті апарата ведеться і по команді з клавіатури друкується на папері часопис роботи апарата. У ньому реєструється,

як правило, час усіх сеансів прийому і передачі зображень, номери телефонів кореспондентів, що викликались або були викликані, протокол сеансу, сумарна тривалість сеансу передачі.

На сьогодні у світі експлуатуються мільйони факсимільних апаратів, що поступово замінюють телекс і телетайп. Це пояснюється важливою перевагою факсимільного зв'язку, у порівнянні з іншими засобами. Для нього не потрібні спеціальні мережі для зв'язку з кореспондентами, використовується звичайна телефонна лінія, причому поряд із звичайним телефоном. Факсимільний апарат (як і звичайний телефон) постійно підключений до мережі і готовий для прийому або передачі документів.

Останнім часом факсимільний зв'язок усе ширше впроваджується в засоби передачі інформації, побудовані на основі персональних комп'ютерів. Сучасний персональний комп'ютер часто забезпечується сучасними засобами для запровадження графічних зображень. Природно використовувати і самий комп'ютер для обміну зображеннями, використовуючи факсимільні протоколи.

Наприклад, сучасний лазерний принтер має можливість друкувати 12 точок на 1мм, що навіть більше, ніж при відтворенні факсимільних зображень. Подібні параметри мають і сканери, що уможлиблює їхнє використання для зчитування зображень.

Комп'ютер лише доповнюється спеціальним факсимільним модемом, що реалізує стандартні протоколи оцифрованих і закодованих зображень. Факсимільний модем часто дозволяє передавати не тільки зображення, але і звичайну інформацію за допомогою протоколів V22 або V22BIS, а також користуватися інформаційними системами.

4.11 Диспетчерський оперативний зв'язок

Диспетчерський зв'язок покликаний забезпечувати:

- своєчасну передачу розпоряджень для спрямування оперативних підрозділів МНС України до місця надзвичайної ситуації;

- одержання інформації з місця НС для централізованого керування силами і засобами.

Він відрізняється від автоматичного телефонного зв'язку наявністю жорстких і заздалегідь визначених напрямків взаємозв'язків, найпростішим способом установалення зв'язку (натисканням ключа, керуванням голосом, зняттям мікротелефонної трубки), а також можливістю групових передач, наявністю індивідуальних оптичних і звукових сигналів. Перераховані особливості забезпечують оперативність зв'язку, при якій виключаються втрати часу на встановлення з'єднання, викликані зайнятістю абонентів або приладів колективного використання.

Диспетчерський зв'язок - це зв'язок для оперативного керування, що дозволяє встановити виборчий і циркулярний зв'язок між старшою особою (диспетчером, черговим і ін.) і виконавцями.

Для підвищення оперативності керування диспетчерський зв'язок повинен бути переважно гучномовним, по можливості автоматизованим. У той же час повинен забезпечуватися і звичайний телефонний зв'язок.

До диспетчерського зв'язку відносяться:

- 1) прямий телефонний і радіозв'язок між ЦПЗ та оперативними підрозділами;
- 2) телефонний і радіозв'язок ЦПЗ із частинами і підрозділами, що працюють на ліквідуванні НС;
- 3) телефонний і радіозв'язок ЦПЗ із пожежними та аварійно-рятувальними автомобілями, автомобілями зв'язку (зв'язку й оповіщення), оперативними й іншими автомобілями, що знаходяться на шляху проходження;
- 4) прямий телефонний зв'язок із службами міста, що взаємодіють із підрозділами МНС України.

В наш час у диспетчерському зв'язку усе більше застосовується документальний зв'язок - для передачі телеграм, наказів і розпоряджень.

У залежності від чисельності гарнізону МНС України і його структури можуть бути використані дві схеми диспетчерського зв'язку:

- 1) коли гарнізон не розбито на загони;
- 2) коли гарнізон розбито на загони.

У гарнізоні МНС України, у якому немає загонів, ЦПЗ з'єднаний за допомогою комутатора диспетчерського зв'язку з усіма ПЗЧ гарнізону, спецслужбами міста (міліцією, енергослужбою, міськпроводом, міскгазом і т.д.), керуючим складом управління МНС України в області і УВС. Комутатор диспетчерського зв'язку з'єднаний також із міськими, районними і місцевими телефонними станціями.

У містах, де гарнізон МНС України має декілька загонів, схема диспетчерського зв'язку відрізняється від попередньої схеми: пожежно-рятувальні частини міста мають подвійний зв'язок із ЦПЗ:

- один безпосередньо з ЦПЗ;
- інший транзитний, через пункт зв'язку загону, якому підпорядкована дана частина.

Для організації диспетчерського оперативного телефонного зв'язку використовуються спеціальні установки (комутатори) диспетчерського зв'язку.

Кожному абоненту, підключеному до комутатора, надається індивідуальне викличне або лінійне реле. Виклик посилается автоматично при підключенні лінії до робочого місця і припиняється також автоматично при знятті абонентом трубки, а про заняття лінії свідчить сигнальна лампа. Забезпечується можливість одночасного виклику і розмови з декількома абонентами.

У МНС України, в основному, використовуються спеціальні установки (станції) диспетчерського зв'язку типу ПОС-90, СОС-30/60, СОС-30М та ін. Дані установки дозволяють здійснювати:

- 1) прийом повідомлень від будь-якого абонента власної мережі;
- 2) з'єднання абонентів між собою;
- 3) підключення своїх абонентів до міської телефонної мережі.

Основний недолік зазначених вище установок - неповне використання ліній зв'язку, оскільки необхідність передачі оперативної інформації виникає в період тривоги, а також при проведенні службових нарад.

З метою підвищення ефективності використання апаратури і лінійних споруджень станцій оперативного зв'язку, у нічний, а також і в денний час до прямих ліній підключають системи охоронно-пожежної сигналізації.

Станція СОС-30М може підключити:

1) 30 прямих абонентських двохпровідних ліній від телефонних апаратів ЦБ або від дуплексних переговорних пристроїв, у тому числі дві лінії виділених абонентів;

2) 5 двопровідних сполучних ліній від РТС системи ЦБ;

3) 5 двопровідних сполучних ліній від РТС системи МБ.

Станція забезпечує:

1) дуплексний зв'язок за допомогою динамічного мікрофона і гучномовця;

2) телефонний зв'язок за допомогою мікротелефонів - основного і додаткового;

3) телефонний зв'язок з абонентами станції АТС і РТС системи ЦБ і МБ по сполучних лініях;

4) циркулярну передачу всім абонентам або групі абонентів станції;

5) дуплексний зв'язок оператора одночасно з трьома абонентами;

6) можливість підключення магнітофонів до обох робочих місць і запису розмови на магнітофон;

7) можливість ведення переговорів двома операторами одночасно.

Зв'язок прямих абонентів із диспетчером здійснюється по абонентських лініях. Зв'язок здійснюється як із першого, так і з другого робочого місця. У процесі обміну інформацією диспетчер може здійснювати гучномовний зв'язок або користуватися мікротелефонною трубкою. Індикація виклику диспетчера здійснюється сигнальними лампами абонентських комплектів і лампою загального виклику.

П'ять абонентських ліній (з 26 по 30) підключається через ПК АТС до УАТС; це лінії абонентів АТС установ. Абоненти УАТС мають прямий зв'язок без набору номера, крім того, вони можуть брати участь у циркуляційному зв'язку як прямі абоненти. При використанні ліній абонентів УАТС як прямих абонентських ліній необхідно натиснути в ПК АТС кнопку "Відкл. ПК". П'ять комплектів СЛ є універсальними, у них можуть включатися СЛ від АТС і РТС системи ЦБ і МБ. Два виділені абоненти станції мають право на зв'язок з іншими абонентами станції і можуть вести циркулярну передачу. Виділеними є перший і другий абоненти першого десятка.

Конструктивно станція складається зі статива і пульта, що з'єднуються стаціонарним кабелем. На стативі на зйомних платах розташовані релейні комплекти АК і КСЛ по два комплекти на кожній платі. Комутаційні прилади АК здійснюють підживлення мікрофона апарата абонента (при знятті ним мікротелефонної трубки), посилення виклику абоненту, підключення абонентських ліній до відповідного пульта.

У випадку передачі циркуляційного повідомлення оператор установлює ключ у положення "ВИКЛИК". У цьому положенні всі лінії прямих абонентів підключаються до того самого каналу зв'язку. На пульті оператора засвічуються лінійні лампи абонентів. Зняття трубки абонентом фіксується на пульті спалахуванням відповідної лампи зайнятості. Коли усі прямі абоненти знімуть мікротелефонні трубки, оператор переведе ключ (кнопку) циркуляра в положення "ПЕРЕДАЧА". У цьому положенні його мікрофон підключається до підсилювача пульта, а вихід підсилювача - до шнурових пар.

У табл. 4.6 приведені технічні дані диспетчерських станцій оперативного зв'язку.

У разі потреби передачі повідомлень одночасно великій кількості людей, що знаходяться на якійсь території, застосовують гучномовний зв'язок. Для організації такого зв'язку використовують телефонні лінії або прокладаються самостійні мережі. До складу технічних засобів гучномовного зв'язку входять підсилювальні пристрої, мікрофони і гучномовці. Розріз-

няють системи гучномовного зв'язку із центральними й абонентськими підсилювачами.

Таблиця 4.6

Параметри	СОС-30М	СОС-30/60	ПОС-90
Кількість ліній прямих абонентів	30	30 або 60	90
Кількість ліній для зв'язку з однотипними станціями, спеціальними службами	10	13	20
Кількість ліній виділених абонентів	10	13	20
Кількість пультів керування	1	1	2
Габаритні розміри пульта керування	1450x745 x915	1330x775 x992	1900x825 x980
Напруга джерела живлення, В	60	60	60
Споживана потужність, кВт	0,5	0,5	1,0

Лінії зв'язку можуть бути як повітряними, так і кабельними. Для повітряних ліній частіше усього застосовують сталеві проводи діаметром 3-4 мм, рідше використовують біметалічні проводи. Для кабельних ліній рекомендують кабелі типу ПРППМ, ПРВПМС із мідними жилами діаметром 1,2 або 0,8 мм.

Системи озвучення окремих приміщень і відкритих ділянок місцевості можна розбити на три основні групи:

- 1) зосереджені;
- 2) розсереджені;
- 3) розподільні.

Зосереджені системи характеризуються тим, що всі джерела звуку зосереджені в одному місці і повинні розміщатися так, щоб більшість слухачів сприймали звук, який нібито виходить з одного джерела.

Розсереджені системи характеризуються тим, що озвучування здійснюється за допомогою декількох гучномовців,

кожний із яких обслуговує свою зону. У межах даної зони звук чутний тільки від одного гучномовця. Лише поблизу межі зони (область перекриття) чутний звук, що приходить від двох сусідніх гучномовців.

Розподілені системи характеризуються тим, що будь-яка точка звукового поля обслуговується декількома гучномовцями. Звук проходить у кожну точку озвученої площі з різних напрямків приблизно з однаковим рівнем.

Контрольні питання

1. Основні види телефонного зв'язку.
2. Найпростіша схема телефонного зв'язку.
3. Призначення і схема оповіщення.
4. Призначення і схема оперативно-диспетчерського зв'язку.
5. Опишіть мережі проводового зв'язку гарнізону МНС України.
6. Що називається звуком і звуковим полем?
7. Яка швидкість поширення звукових коливань у повітрі?
8. Одиниці звукового тиску й інтенсивності звуку, їхня розмірність.
9. Діапазон частот звукових коливань мовлення.
10. Динамічний діапазон мовлення і телефонної передачі.
11. Що таке область сприйняття?
12. Явище адаптації слуху.
13. Електроакустичні перетворювачі, їхні види і принципи роботи.
14. Конструкція і принцип дії вугільного мікрофона.
15. Характеристики вугільних мікрофонів.
16. Позитивні якості і недоліки вугільних мікрофонів.
17. Електромагнітний телефон. Конструкція, робота, параметри.
18. Визначте коефіцієнти нерівномірності частотних характеристик мікрофонів МК-10 і МК-16 у спектрі тональних частот. Порівняйте їх.

19. Визначте середню чутливість телефонів ТК-47, ТА-4 і ТК-67 у смузі частот 0,3...3,4 кГц, порівняйте їх.
20. Опишіть роботу телефону з диференціальною магнітною системою.
21. Організація зв'язку "01". Схема зв'язку.
22. Як визначається необхідне число ліній "01" і диспетчерів, що обслуговують виклики.
23. Факсимільний зв'язок. Будова і принцип дії факсимільного апарата.
24. Принципи побудови автоматичного телефонного зв'язку.

5 НОВІТНІ ЗАСОБИ ЗВ'ЯЗКУ МНС УКРАЇНИ

5.1 Використання систем транкінгового радіозв'язку в МНС України

На озброєнні підрозділів МНС України у наш час знаходяться радіостанції, більшість з яких - апарати вітчизняного виробництва ("Пальма", "Транспорт", "Віола" і ін.), що були розроблені 15...20 років тому й експлуатуються 15 років і більше. На жаль, їхні тактико-технічні характеристики і функціональні можливості не відповідають сучасному рівню вимог, запропонованих до систем зв'язку МНС.

Абонентське устаткування зазначених радіосистем не відрізняється високими енергетичними можливостями, має недостатню чутливість і вибірність, низькі експлуатаційні характеристики, значні габарити і масу.

Функціонують ці радіостанції переважно в симплексному режимі, що має множину недоліків (всі абоненти працюють на одній частоті; якщо один з абонентів виходить на зв'язок, інші змушені чекати, коли він закінчить переговори).

У таких системах є центральна радіостанція, встановлена в ЦПЗ, що і визначає роботу всіх інших абонентів радіомережі.

При таких традиційних методах організації радіозв'язку і використанні існуючого парку радіостанцій (застарілих морально і фізично) важко говорити про забезпечення відповідного рівня оперативної взаємодії абонентів.

Ситуація, що склалася, поставила перед керівництвом МНС України непросту задачу - забезпечити оптимальний перехід від існуючих систем радіозв'язку до сучасних, що відповідали б підвищеним вимогам і специфіці роботи підрозділів МНС.

Після вивчення виставлених на українському ринку професійних радіотехнічних систем був зроблений вибір на користь використання порівняно недорогих, але надійних засобів мобільного радіозв'язку, - систем транкінгового радіозв'язку.

5.1.1 Особливості транкінгових систем радіозв'язку

В основу функціонування транкінгових радіосистем покладено автоматичний розподіл малої кількості двочастотних (дуплексних) радіоканалів зв'язку між значною кількістю абонентів. При цьому заощаджуються не тільки радіоканали, але і телефонні лінії, оскільки використовується принцип міжміських АТС, де ліній набагато менше, ніж абонентів. У результаті, за необхідності організувати зв'язок, система автоматично (на відміну від звичайного радіозв'язку) виділяє для цього наявний у неї вільний канал, і ймовірність відмови (появи сигналу “зайняте”) набагато менше, ніж у системах, що працюють у симплексному режимі.

Транкінговий зв'язок, крім радіотелефонного зв'язку, забезпечує диспетчерський радіозв'язок для керування оперативними підрозділами МНС України й у той же час дозволяє входження в звичайні телефонні мережі.

Головною перевагою транкінгових мереж перед стільниковими мережами є можливість об'єднувати численні підрозділи в рамках однієї системи, одночасно підтримуючи незалежну роботу в окремому підрозділі. Крім того, за відносно невеликої кількості користувачів регіональна транкінгова мережа є більш економічною ніж стільникова, з погляду використання частотного ресурсу. Завдяки тому, що устаткування, застосоване в транкінгових мережах, відносно дешеве, стають значно меншими абонентська плата і тарифи за розмови.

Системи транкінгового радіозв'язку побудовані за радіальним принципом, тобто усе необхідне устаткування (приймаючі та передаючі пристрої, комутаційне устаткування, антенні системи і т.д.) розташовується в центрі зони обслуговування (сайті), як правило, на телевежах, що забезпечує максимальну дальність зв'язку.

Антенний комплекс складається з великої кількості антен (3...8 і більше), розташованих навкруги по периметру вежі. Кожна антена, у свою чергу, являє собою систему типу “хвильовий канал”, що містить 5...8 елементів (вібраторів) із досить

вужькою діаграмою спрямованості. Однак загальна діаграма спрямованості в горизонтальній площині має форму кола.

У якості радіостанції можна використовувати будь-які переносні або перевізні радіостанції, для яких виготовлені спеціальні транкінгові модулі, які встановлюються в радіостанцію і перетворюють її на транкінгову.

Таким чином, транкінгові системи радіозв'язку - це багатоканальні системи, у яких абоненту за його вимогою автоматично за заданим алгоритмом дається радіоканал та інші ресурси системи, чим забезпечується висока ефективність використання частотного ресурсу.

5.1.2 Можливості транкінгових систем радіозв'язку

Транкінгові системи призначені для побудови локальних і багатозонових мереж радіозв'язку з наданням абонентам різноманітних послуг. Основні з них, що визначають широкі можливості використання транкінгових радіосистем у підрозділах МНС України, наступні:

- забезпечення мовленнєвого зв'язку між абонентами або групами абонентів;
- можливість виходу у відомчі телефонні мережі і мережі загального користування;
- передача даних;
- інтеграція з навігаційною системою для автоматичного визначення свого місця розташування;
- передача цифрової інформації;
- конфіденційність і захищеність від несанкціонованого доступу;
- передача телеметричної інформації;
- передача сигналів від тривожної сигналізації;
- міжкомп'ютерний обмін інформацією та інше.

За принципом організації радіоканалу всі транкінгові системи можна розділити на три умовні групи:

- 1) аналогові - системи радіозв'язку із селективним викликом;

2) аналогово-цифрові - системи, у яких передача службової інформації при встановленні з'єднання здійснюється в цифровому режимі, а передача мовлення - в аналоговому;

3) цифрові - системи, у яких усі види функціонування здійснюються в цифровому режимі.

За наявністю в системі каналу керування транкінгові системи поділяються на:

1) системи, що мають канал керування на момент установавлення з'єднання;

2) системи з постійним каналом керування, формованим різними способами.

За способом надання каналу зв'язку транкінгові системи поділяються на:

1) із постійним каналом на весь сеанс зв'язку;

2) із каналом, наданим тільки для передачі повідомлення і змінюваним протягом сеансу зв'язку.

За принципом організації керування базовим устаткуванням транкінгові системи поділяються на:

1) децентралізовані;

2) централізовані.

За кількістю абонентів, що обслуговуються, транкінгові системи зв'язку поділяються на:

1) малі - однозонові системи (кількість абонентів до 300);

2) середні - багатозонові транкінгові системи зв'язку (кількість абонентів до 3000);

3) великі - багатозонові транкінгові системи зв'язку (кількість абонентів більш 3000).

Крім того, усі протоколи транкінгових систем можна розділити на два класи:

1) відкриті протоколи - доступні для будь-якого виробника.

Ці протоколи рекомендовані в багатьох країнах світу. Системи з такими протоколами виробляються багатьма фірмами. Устаткування, через масовість виробництва і високу конкуренцію, як правило, дешевше, ніж у спеціалізованих системах.

2) фірмові протоколи (закриті).

5.2 Транкінгові радіосистеми протоколу MPT 1327

У Європі, у тому числі й в Україні, рекомендований для широкого використання відкритий протокол аналогових систем транкінгового радіозв'язку MPT 1327.

Транкінгові системи протоколу MPT 1327 поділяються на:

- системи регіонального рівня, для яких передбачено максимум 16 сайтів у кожній системі (число робочих каналів не обмежується);
- системи національного рівня. В останньому випадку протокол передбачає наявність максимум двох систем, що мають до 512 сайтів кожна.

В основному, транкінгові системи протоколу MPT 1327 будуються в розрахунку на 1000-2000 радіоабонентів і складаються, як правило, із 3...5 базових станцій, що мають від 3 до 8 каналів кожна.

MPT 1327 - це стандарт для транкінгових систем мобільного радіозв'язку, що був опублікований департаментом промисловості Великобританії для використання в англійських транкінгових системах мобільного радіозв'язку.

Існує група стандартів, що містить у собі, крім стандарту MPT 1327, декілька інших основних стандартів:

- MPT 1343 - специфікація, що визначає вимоги до абонентських радіостанцій, які працюють у транкінгових системах мобільного радіозв'язку;
- MPT 1347 - специфікація, що визначає вимоги до базового устаткування транкінгових систем мобільного радіозв'язку;
- MPT 1317- основний формат коду синхронізації для передачі цифрових даних у транкінгових системах мобільного радіозв'язку.

Системи транкінгового радіозв'язку стандарту MPT 1327 надають користувачам весь спектр властивих транкінгу функціональних можливостей:

- індивідуальні виклики абонента по радіо- або телефонній лінії;
- групові виклики;
- вихід у телефонну мережу загального користування або відомчу АТС;
- автоматичний роуминг між сайтами і зонами;
- багаторівневу систему пріоритетів;
- динамічний перерозподіл ресурсів системи;
- передачу даних;
- передачу коротких текстових і мовних повідомлень.

Системи МРТ 1327 здійснюють динамічний розподіл радіоканалів у межах одного сайту між абонентами. При цьому один із радіоканалів є контрольним. По контрольному каналу абонентські радіостанції і базове устаткування здійснюють зв'язок між собою, обмінюючись цифровими пакетами.

Сайтовий контролер забезпечує розподіл вільних радіоканалів між абонентами.

У випадку збільшення навантаження на систему, контрольний канал на якийсь час може стати звичайним. Система забезпечує повне використання доступних радіочастот і виконує автоматичний пошук абонента у всій зоні дії системи, установлюючи з'єднання незалежно від розташування абонента.

Системи на основі стандарту МРТ 1327 використовують цифровий протокол обміну сигналами і реалізовані з розрахунком максимального використання наявних радіоканалів. Це забезпечує стабільність роботи всієї системи за будь-яких навантажень по трафіку.

Однією із переваг таких систем є їхня живучість. Кожний ретранслятор системи вже на першому рівні керування забезпечується спеціальним модулем керування каналом і може функціонувати навіть у випадку виходу інших частин системи з ладу.

При побудові багатосайтових систем стандарту МРТ 1327 використовуються два різних за ідеологією підходи.

Для здійснення автоматичного роумингу між сайтами і з'єднання системи з телефонною мережею загального

користування необхідно забезпечити досить складну комутацію у середині системи. Для рішення цієї проблеми в рамках першого підходу використовують ідеологію централізованого керування системою.

Деякі сайти об'єднуються в один регіон за допомогою регіонального контролера, що відповідає за комутацію у середині регіону і забезпечує зв'язок системи з телефонною мережею і відомчими АТС. Крім того, регіональний контролер відслідковує переміщення абонентських радіостанцій із сайту в сайт, забезпечуючи міжсайтовий роуминг. Міжрегіональну комутацію і міжрегіональний роуминг забезпечує міжрегіональний контролер.

Подібна архітектура обумовлює максимальну гнучкість системи, легкість перегрупування її потужності в залежності від вимог сучасного моменту. Крім того, забезпечується високий рівень надійності системи, і навіть у випадку виходу з ладу регіонального контролера окремі сайти функціонують без збоїв у самостійному режимі.

Ці системи прекрасно зарекомендували себе в мережах транкінгового радіозв'язку стандарту MPT 1327 великої ємності, що охоплюють значні території.

Інший підхід до побудови багатосайтових систем заснований на ідеології розподіленого керування.

Все комунікаційне устаткування й устаткування керування в таких системах розподілено між сайтами. Керування системою здійснюють контролери всіх сайтів одночасно, при цьому відсутні регіональні і міжрегіональні ланки керування. Всі сайти мають практично однакове устаткування і є взаємозамінними.

Системи з розподіленою архітектурою керування більш прості в запровадженні, однак мають більшу вартість, ніж системи з централізованою архітектурою. Тому вони використовуються, в основному, для систем з малим числом сайтів (менше 5 сайтів).

5.2.1 Підвищення ефективності системи радіозв'язку підрозділів МНС України при використанні транкінгової системи SmarTrunk II

Широке використання транкінгових систем протоколу МРТ 1327 у МНС України обумовлено їхньою високою ефективністю і гнучкістю.

З одного боку, малі односайтові системи дозволяють організувати зв'язок і своєчасний обмін інформацією між оперативними підрозділами МНС України окремого населеного пункту. З іншого боку, великі багатосайтові транкінгові радіосистеми здатні охопити всю територію області і навіть держави, забезпечуючи надійний, ефективний радіозв'язок.

Серед систем транкінгового радіозв'язку стандарту МРТ 1327 є системи з послідовним (скануючим) пошуком вільного каналу зв'язку і системи з виділеним каналом керування.

Скануючий транкінг характеризується досить тривалим часом установаження каналу зв'язку і тому використовується для невеликої кількості каналів (від 5 до 8). Найбільш відомою системою такого класу, застосовуваною для організації зв'язку й оперативного керування підрозділами МНС України, є система SmarTrunk II.

Її основна особливість - обмежене територіальне радіопокриття (зв'язок у радіусі до 50 кілометрів). Така система є найбільш дешевою і досить простою в експлуатації.

Система SmarTrunk II, поширена в гарнізонах МНС України великих міст, використовує принцип незалежних сайтів і не передбачає міжсайтових з'єднань.

Система є аналоговою, дозволяє використовувати дуплексну передачу мовлення, цифрових даних, відеозображення, стежити за мобільними об'єктами.

Якщо поширення більш потужних і складних систем транкінгового радіозв'язку вимагає значних капіталовкладень, то, завдяки невисокій вартості базового устаткування, впровадження системи SmarTrunk II є економічно вигідним для структурних підрозділів МНС України.

Система SmarTrunk II здатна працювати як у традиційних для підрозділів МНС України частотних діапазонах (діапазон А - 140 МГц, діапазон Б - 170 МГц), так і в діапазоні 800 МГц.

Для організації транкінгового радіозв'язку одночасно можуть використовуватися до 16 дуплексних каналів. До кожного каналу можна підключити одну або дві телефонні лінії відомчих або міських АТС.

Система SmarTrunk II використовує два основних режими транкінгу:

- зв'язок із виходом у телефонну мережу міських АТС або АТС установ (радіотелефон). У режимі радіотелефону потрібний номер спочатку набирається на клавіатурі, а потім посилається в ефір одним пакетом, як у стільникових системах;

- диспетчерський режим для зв'язку з групою абонентів. У цьому режимі для зв'язку зі своєю групою досить натиснути на тангенту. Кожному радіоабоненту надається особистий код, а також груповий номер для диспетчерського радіозв'язку. Для різних категорій користувачів встановлено 10 рівнів пріоритетів. Існує пам'ять на 10 телефонних номерів, що прискорює повторний набір номера, а також секретний код для захисту від перепрограмування радіостанції.

Існує можливість переключення абонентських станцій із транкінгу в режим звичайного радіозв'язку, а також можливість передачі факсимільних повідомлень і підключення факс-модему до мобільної радіостанції за допомогою інтерфейсної плати ST-869-XX.

Структура системи забезпечує достатню гнучкість при виборі її конфігурації. Так, одноканальна система може обслуговувати 10...15 абонентів, чотирьохканальна - 100...150 абонентів.

5.2.2 Базове устаткування системи SmarTrunk II

Базове устаткування кожного каналу включає:

- репітер;
- транкінговий контролер;

- стаціонарну антену й антенно-фідерні пристрої.

Абонентські станції виконуються на базі радіостанцій KENWOOD, MOTOROLA, ALINCO та ін. із встановленням у них логічних плат SmarTrunk II, що управляють всіма основними функціями станції.

Основу транкінгової системи SmarTrunk II складають системні контролери ST-852 і ST-853. Для кожного з каналів необхідний окремий контролер.

Підключений до ретранслятора (дуплексної базової станції) контролер відповідає за навантаження каналу, визначає, чи може радіоабонент скористатися даним каналом, реєструє інформацію про сеанси зв'язку, а також виконує функції з'єднання з телефонною мережею.

Контролер має внутрішню пам'ять на 1800 записів сеансів зв'язку, що здійснилися на даному каналі, і можливість її розширення до 14200 записів за допомогою накопичувального буфера. Це дозволяє рідше виймати дані з контролера і запобігати втраті даних через переповнювання його пам'яті.

Контролер забезпечує програмування, зчитування інформації через комп'ютер, у тому числі дистанційно за допомогою вбудованого модему, а також зберігання конфігурації системи при відмовах у системі живлення.

5.2.3 Переносне устаткування системи SmarTrunk II

Серед портативних переносних і мобільних радіостанцій, найбільш придатних для застосування в системах транкінгового радіозв'язку оперативних підрозділів МНС України, використовується апаратура японської фірми KENWOOD.

Серед переносних радіостанцій найбільш поширена портативна радіостанція KENWOOD ТК-270/370, що має наступні технічні характеристики:

- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| • частотний діапазон | 148...174 МГц
450... 470 МГц |
| • кількість каналів | 32 |
| у режимі SmarTrunk-II | 1...16 звичайні |

- вихідна потужність 17...32 транкінгові
1...5 Вт
- час роботи (без підзарядки) до 9 годин

Радіостанція являє собою компактний прийомопередавач, що має міжнародний сертифікат якості ISO 9002. Може експлуатуватися в жорстких атмосферних умовах, у широкому діапазоні температур, відрізняється високою тривкістю корпусу.

Радіостанція сертифікована в Україні в системі Держстандарту і Міністерства зв'язку.

Як мобільна радіостанція використовується KENWOOD ТК-760/860, що являє собою компакту професійну радіостанцію з наступними технічними характеристиками:

- частотний діапазон 148...174 МГц
450...470 МГц
- кількість каналів 32
у режимі SmartTrunk-II 1...16 звичайні
17...32 транкінгові
- вихідна потужність 35...45 Вт
- напруга живлення 13.6 В (пост. струм)

Радіостанція оснащена рідкокристалічним дисплеєм, настільним і вбудованим мікрофоном, виносним динаміком, блоком живлення і фільтром постійного струму.

Радіостанція має міжнародний сертифікат.

5.3 Системи стільникового телефонного зв'язку

5.3.1 Загальні відомості про системи стільникового телефонного зв'язку

Перші радіотелефони використовували звичайні фіксовані канали: якщо один з них був зайнятий, абонент вручну перемикався на інший. У 1946 році в місті Сант-Луїс (США) уперше запрацювала подібна система радіотелефонного зв'язку.

З розвитком техніки і вдосконаленням радіотелефонії з'явилася функція автоматичного вибору вільного каналу (trunking). Але все це не могло вирішити головної проблеми - обме-

женості частотного ресурсу при величезній потребі в наданні послуг.

Вихід з цього становища знайшов один з дослідницьких центрів (США), який запропонував розбивати території на невеликі ділянки, так звані “стільники”. Кожний з цих стільників (осередків) обслуговується передавачем з обмеженим радіусом дії і числом каналів. В сусідніх осередках використовуються різні частоти.

Група осередків з різними наборами частот називається кластером. Такий принцип організації зв'язку був реалізований в Америці в 1983 році при введенні стандарту AMPS, а ще раніше, в 1981 році, почалася експлуатація перших систем стільникового зв'язку стандарту NMT-450 діапазону 450 МГц.

З 1985 року практично у всіх країнах світу стали використовуватися різні стандарти аналогових систем стільникового зв'язку.

Основні характеристики систем стільникового зв'язку першого покоління приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні характеристики аналогових стандартів стільникового зв'язку

Характеристики системи	NMT-450 (Скандинав. країни)	AMPS (США)	TACS (Великобр.)	Radiocom-2000 (Франція)	NMT-500 (Скандинав. країни)
Рік введення в експлуатацію	1981	1983	1985	1985	1986
Смуги частот ПРД, МГц	463-467,5 453-457,5	870-890 825-845	935-950 890-905	424,8- 427,9 418,8- 421,9	935-960 890-915
Різниця мовних каналів, кГц	25	30	25	12,5	25/12,5

Продовження таблиці 5.1

Загальне число каналів	180	660	600/640	256	1000/1999
Тип модуляції	ФМ	ФМ	ФМ	ФМ	ФМ
Типовий радіус стільника, км	2-45	2-20	2-20	5-20	0,5-20
Час перемикання на кордоні осередків, мс	1250	250	290	-	270

Аналоговий спосіб передачі інформації за допомогою частотної або фазової модуляції (ЧМ або ФМ), незважаючи на простоту, має ряд істотних недоліків:

- можливість прослуховування розмов;
- відсутність ефективних методів боротьби із загасанням сигналів.

Крім того, використання різних стандартів стільниково-го зв'язку заважало його широкому застосуванню, оскільки по одному і тому ж телефону не можна було розмовляти навіть в межах двох сусідніх країн. Тому до кінця минулого десятиріччя стільниковий зв'язок підійшов до нового етапу свого розвитку - до створення системи другого покоління на основі цифрових методів обробки сигналу. У цьому стандарті використовуються найсучасніші розробки провідних науково-дослідних центрів. До них насамперед відносяться:

- застосування тимчасового розділення каналів;
- шифрування повідомлень і захист даних користувача;
- використання блокового кодування;
- новий вид модуляції GMSK та інше.

Таблиця 5.2 – Основні характеристики цифрових стандартів стільникового зв'язку

Характеристика стандарту	JDC (Японія)	GSM (Зах. Європа)	AJDC (США)	CDMA (США)
Рік введення в дію експлуатацію	1991	1992	1992	1994
Робочий діапазон частот, МГц	810-826 910-956	935-965 890-915	824-840 864-894	824-840 896-894
Рознос каналів, кГц	25	200	30	1250
Кількість мовних каналів на одній частоті	3(6)	8	3	32
Можливий радіус стільника, км	0,5-20	0,5-35	0,5-21	0,5-25

5.3.2 Призначення, склад і принцип дії систем стільникового телефонного зв'язку

Принцип дії стільникового зв'язку полягає в наступному: в системах стільникового зв'язку вся територія, що обслуговується, розбивається на невеликі зони - стільники (рис. 5.1,а).

Кожна з цих зон (стільників) обслуговується багатоканальним прийомопередавачем - базовою станцією (БС). Вона служить своєрідним інтерфейсом між стільниковим телефоном і центром комутації рухомого зв'язку (ЦКР), а роль дроту звичайної телефонної мережі виконують радіохвилі (рис. 5.1,б).

Число каналів БС є кратним восьми - 8, 16, 32..., причому один з них може бути керуючим або каналом виклику. На ньому відбувається безпосереднє встановлення з'єднання при виклику мобільного абонента мережі, а саму розмову можна починати тільки після того, як буде знайдено вільний канал. Канал являє собою пару частот для дуплексного зв'язку. Всі БС

системи сполучені з ЦКР по виділених провідних або радіо-релейних каналах зв'язку.

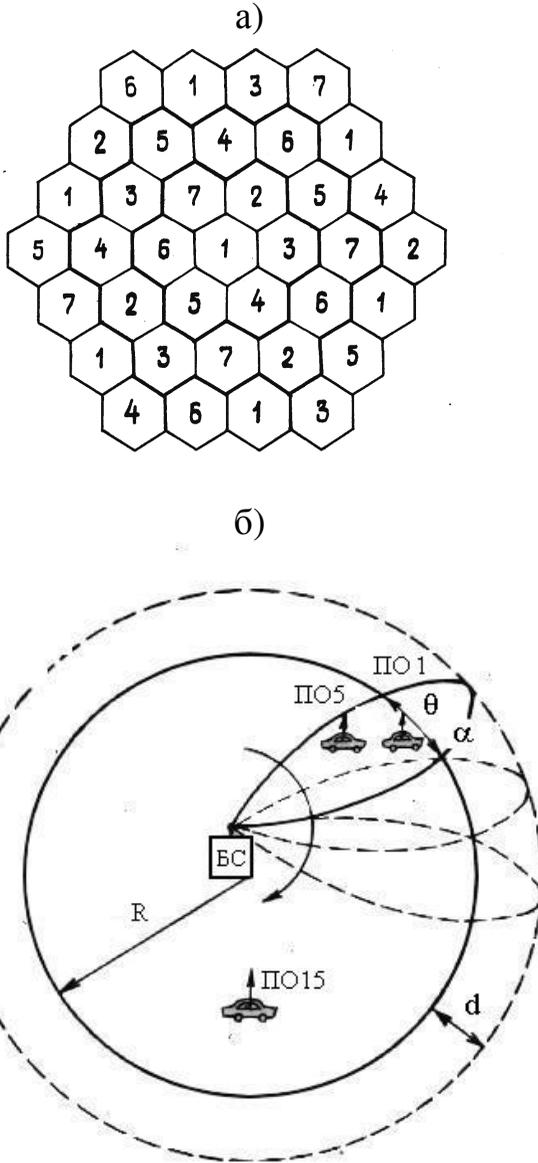


Рисунок 5.1 – Схема організації системи стільникового телефонного зв'язку

Центр комутації системи стільникового зв'язку забезпечує всі функції управління мережею і з'єднання мобільного абонента з тим, хто йому необхідний.

5.3.3 Особливості роботи систем стільникового телефонного радіозв'язку

У різних стандартах стільникового зв'язку є свої особливості, але алгоритми їх роботи в основі своїй дуже схожі.

Якщо абоненту стільникового зв'язку треба подзвонити, він натискає клавіші на своєму радіотелефоні. Це аналогічно зняттю трубки звичайного телефону. Коли "трубка встановлена", термінал постійно сканує або всі канали системи, або тільки керівні. Під час набору радіотелефон займає той вільний канал, рівень сигналу в якому найбільш великий.

По мірі віддалення абонента від даної базової станції і переміщення його в зону дії іншої БС рівень сигналу падає і якість розмови гіршає. Спеціальна процедура, яка називається передачею управління викликом або "естафетною передачею", дозволяє перемкнутися на вільний канал іншої БС, в зоні дії якої виявився абонент.

Для здійснення "естафетної передачі" БС забезпечена спеціальним приймачем, що періодично вимірює рівень сигналу стільникового телефону і що порівнює його з допустимою межею. Якщо сигнал дуже малий, інформація про це автоматично передається на комутатор. У цьому випадку ЦКП видасть команду про вимірювання рівня сигналу на найближчі до нього базові станції, після чого розмова перемикається на ту з них, де величина вимірюваного сигналу виявилася найбільшою.

Однак може бути і так, що на жодній з близьких БС не виявилось вільного каналу. Як тимчасова міра використовується "естафетна передача" в середині стільників, тобто перемикання каналів в межах однієї й тієї ж базової станції.

Дещо інакше виглядає процес виклику самого мобільного абонента.

У цьому випадку всіма базовими станціями системи по керуючих каналах передається "широкомовний" сигнал виклику. Стільниковий телефон, який постійно сканує канали (звичайно керівні), відповідає на одному з цих каналів. Базові станції, що прийняли сигнал у відповідь, передають інформацію на комутатор, який, в свою чергу, перемикає розмову на ту БС, де після вимірювання рівень сигналу виявився найбільшим.

Одна з позитивних якостей стільникової мережі - можливість використання телефону при поїзді в інше місто або навіть за кордон. Причому стільникова мережа дозволяє не тільки самому абоненту дзвонити з цього міста (країни), але й отримувати дзвінки від тих, хто не встиг застати його вдома.

У стільниковій мережі така можливість називається *"роуминг"*, що означає *"поневірятися, блукати"*. Обов'язковою умовою при цьому є те, щоб стільникові мережі були одного стандарту (телефони стандарту AMPS просто не будуть працювати в мережі NMT). ЦКР мереж єдиного стандарту сполучаються спеціальними каналами зв'язку для обміну даними про місцезнаходження абонента, які зберігаються в спеціальному реєстрі.

При переміщенні абонента в іншу "візитну" мережу, її комутатор запитує інформацію в "домашній мережі" і, за наявності підтвердження, реєструє його. Дані про місцезнаходження постійно оновлюються в ЦКР "домашньої мережі", і всі виклики, що поступили він автоматично переадресує в ту мережу, де в цей момент знаходиться абонент.

5.4 Електронна пошта

5.4.1 Загальні відомості про електронну пошту

Електронна пошта (E-mail) забезпечує доставку текстових і графічних файлів (листів) від одних користувачів локальної мережі до інших, а також дозволяє спілкуватися через Internet. Для передачі повідомлення необхідно знати тільки електронну адресу одержувача.

Робота електронної пошти заснована на послідовній передачі інформації з мережі від одного поштового сервера до іншого, поки повідомлення не досягне адресата.

Дамо визначення основних понять, що відносяться до електронної пошти.

Поштовий вузол - програмно-технічний комплекс із відповідним забезпеченням електронної пошти, у тому числі з програмними елементами інформаційної безпеки, для обслуговування своїх клієнтів у межах визначеного регіону.

Поштове відділення - ПЕОМ із відповідним програмним забезпеченням електронної пошти і допоміжними технічними пристроями для обслуговування своїх абонентів.

Поштова скринька - це звичайна директорія на жорсткому диску користувальницького комп'ютера, що створюється при реєстрації його як абонента електронної пошти.

Функціонування електронної пошти полягає в наступному. Вся інформація, що направляється по каналах електронної пошти для визначеного регіону, надходить на спеціальний поштовий сервер, що виконує роль регіонального поштового вузла, обробляється на ньому, а потім передається на поштові станції, де автоматично розкладається по поштових скриньках абонентів, що зареєстровані в мережі, відповідно до їхніх адрес.

5.4.2 Використання електронної пошти в підрозділах МНС України

Організація і функціонування електронної пошти в підрозділах МНС України визначені наказом МНС України від 23 листопада 2004 р. № 185 "Про порядок здійснення електронного документообігу в МНС України".

Метою впровадження електронної пошти у роботу структурних підрозділів МНС України є: підвищення оперативності взаємодії підрозділів, забезпечення документообігу з використанням сучасних засобів комп'ютерної техніки і подальше удосконалення технології комп'ютерного збору, обробки і передачі інформації.

В Україні створена і функціонує відомча мережа електронної пошти МНС України АСТРА++. Вона є цілком автономною підсистемою, що не має підключення до інших зовнішніх систем електронної пошти і передачі інформації.

Електронна пошта є складовою частиною системи інформаційного забезпечення діяльності підрозділів МНС України і дає можливість організувати оперативний обмін інформацією між підрозділами.

Інформаційна підсистема електронної поштової мережі МНС України - це відомча поштова служба підрозділів МНС України, побудована на базі телекомунікаційних технологій з центральним поштовим сервером у ДДПБ МНС України і регіональними серверами управлінь МНС України областей.

Електронна пошта МНС України базується на мережі персональних комп'ютерів, зв'язаних між собою через модеми по телефонних лініях.

Архітектура мережі електронної пошти МНС України - "зірка" з одним центральним сервером і зі зв'язаними з ним серверами в областях і окремих комп'ютерах — робочих станціях.

За своєю структурою мережа електронної пошти ГУ ДПО МНС України має дворівневу ієрархічну будову (рис. 5.2).

Перший рівень :

- центральний поштовий сервер ДДПБ МНС України з локальною мережею ДДПБ МНС України і поштовими скриньками структурних підрозділів ДДПБ МНС України;
- сервери управлінь МНС України в областях, що виконують роль регіональних поштових серверів.

Другий рівень:

- локальні мережі управлінь МНС України в областях з поштовими скриньками структурних підрозділів управлінь МНС України в областях;
- поштові відділення районних підрозділів управлінь МНС України в областях з поштовими скриньками пожежно-рятувальних частин;
- поштові скриньки УкрНДПБ і навчальних закладів МНС України.

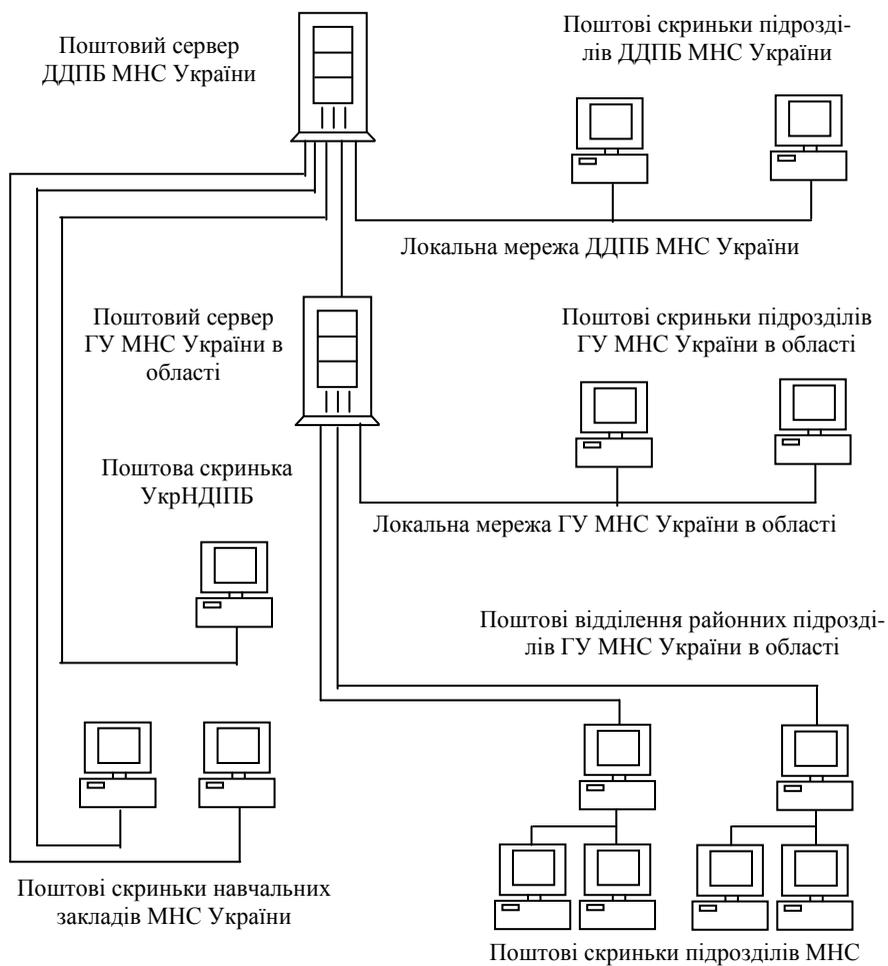


Рисунок 5.2 – Структура мережі електронної пошти МНС України

5.5 Комп'ютерні мережі

5.5.1 Загальні відомості про комп'ютерні мережі

Комп'ютерна мережа являє собою сукупність комп'ютерів, об'єднаних засобами передачі даних.

Засоби передачі даних у загальному випадку складаються з:

- каналів зв'язку (телефонних, цифрових, супутникових, волоконно-оптичних);
- комутуючої апаратури;
- ретрансляторів;
- різного роду перетворювачів сигналів та інших елементів і пристроїв.

Комп'ютерні мережі забезпечують:

- оперативний обмін інформацією між усіма комп'ютерами;
- швидкий і гнучкий доступ до інформації загального користування;
- спільне використання програмного забезпечення;
- спільне використання периферійного устаткування (принтерів, плоттерів, стримерів і т.д.).

Для об'єднання комп'ютерів у мережу необхідно кожен комп'ютер наділити мережним програмним забезпеченням, що керує роботою комп'ютера в мережі і дозволяє одержувати інформацію з мережі і передавати дані в мережу.

Комп'ютери, що є робочими місцями користувачів мережі, називаються робочими станціями.

Крім робочих станцій, у мережі існує один чи кілька великих комп'ютерів, що керують розподілом її ресурсів. Такі комп'ютери називаються серверами.

Робочі станції і сервери з'єднуються одне з одним і з іншими пристроями за допомогою ліній передачі даних, у ролі яких виступають кабелі, телефонні лінії зв'язку чи радіоканали.

Підключення комп'ютерів до кабелю здійснюється за допомогою мережних адаптерів - спеціальних пристроїв для узгодження параметрів кабелю і шин комп'ютера.

Підключення комп'ютерів до телефонної лінії зв'язку здійснюється за допомогою модемів - пристроїв, що перетворюють цифровий сигнал комп'ютера в аналоговий сигнал, переданий по телефонній лінії, і навпаки.

5.5.2 Класифікація комп'ютерних мереж

Класифікацію комп'ютерних мереж можна здійснити за рядом ознак, основними з яких є наступні:

- дальність комп'ютерів у мережі;
- топологія мережі;
- принцип керування роботою мережі;
- методи комутації й ін.

5.5.2.1 Класифікація комп'ютерних мереж за дальністю

В залежності від дальності, комп'ютерні мережі умовно розділяють на глобальні і локальні.

Глобальні комп'ютерні мережі забезпечують зв'язок і передачу інформації між досить віддаленими один від одного комп'ютерами. Вони можуть містити в собі інші глобальні мережі, локальні мережі, а також пристрої вводу-виводу інформації, що підключаються окремо. Як пристрої вводу-виводу можуть використовуватися друкуючі та копіюючі пристрої, факси, банкові і касові апарати та ін.

Для передачі даних застосовуються звичайно телефонні лінії або канали супутникового зв'язку. Прикладом глобальної мережі є мережа Internet.

Глобальні мережі бувають чотирьох основних видів:

- міські, що поєднують комп'ютери і допоміжні пристрої, розташовані в межах окремого населеного пункту;
- регіональні, які функціонують в межах регіону (області, декількох областей);
- національні, які функціонують в межах держави;
- міжнародні, що поєднують комп'ютери декількох держав, розташованих на різних континентах.

У локальних обчислювальних мережах (ЛОМ) комп'ютери розташовані на відстанях до декількох кілометрів і з'єднані за допомогою швидкісних кабельних ліній зв'язку зі швидкістю обміну до 20 Мбіт/с.

ЛОМ звичайно розташовуються в рамках окремої організації чи установи. Комп'ютери при цьому, як правило, знаходяться в межах одного приміщення, будинку чи сусідніх будинків.

ЛОМ бувають однорангові і багаторангові.

У багаторангових мережах один могутній комп'ютер використовується як сервер, і на ньому встановлюється програмне забезпечення для керування мережею. Інші комп'ютери є робочими станціями користувачів мережі.

В одноранговій ЛОМ центральний сервер відсутній, а програмне забезпечення для керування обміном є в кожному комп'ютері мережі.

5.5.2.2 Класифікація комп'ютерних мереж за топологією

Під топологією розуміють спосіб з'єднання комп'ютерів у мережу лініями передачі даних. Топологія комп'ютерної мережі багато в чому визначає такі її найважливіші характеристики, як надійність, продуктивність, вартість, захищеність.

Є три основних топології комп'ютерних мереж:

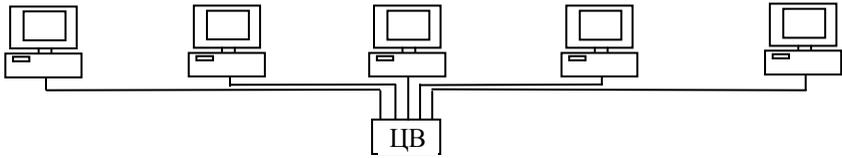
- топологія "зірка";
- топологія "загальна шина";
- топологія "кільце".

5.5.2.2.1 Топологія "зірка"

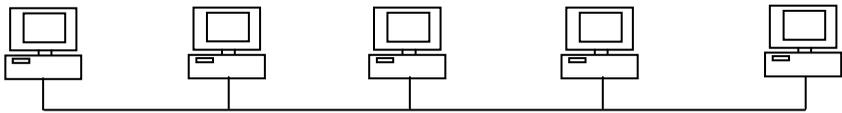
У цьому випадку кожен комп'ютер через мережний адаптер підключається кабелем до центрального вузла (рис. 5.3,а). Центральним вузлом служить пасивний з'єднувач чи активний повторювач.

Позитивною якістю такої топології є висока швидкість обміну інформацією, а недоліком - низька надійність, тому що

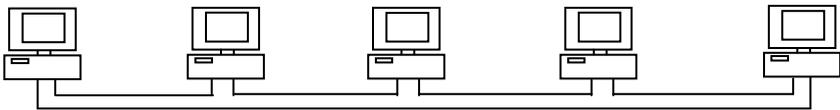
вихід з ладу центрального вузла призводить до зупинки всієї мережі.



а)



б)



в)

Рисунок 5.3 – Топологія комп'ютерних мереж:

а) топологія "зірка"; б) топологія "загальна шина"; в) топологія "кільце"

5.5.2.2 Топологія "загальна шина"

Припускає використання одного кабелю, до якого підключаються всі комп'ютери через мережні адаптери (рис. 5.3,б). Інформація передається і приймається окремими комп'ютерами по черзі.

Позитивною якістю такої топології є більш висока надійність, а недоліком - слабка захищеність інформації, тому що повідомлення, які надсилаються одним комп'ютером до іншого, можуть бути прийняті на будь-якому комп'ютері мережі.

5.5.2.2.3 Топологія "кільце"

Дані передаються від одного комп'ютера до іншого за естафетою: якщо деякий комп'ютер одержує дані, призначені не йому, то він передає їх далі по кільцю, адресат належні йому дані нікуди не передає (рис. 5.3,в).

Позитивною якістю такої топології є більш висока надійність системи при обриві кабелю, тому що до кожного комп'ютера є два шляхи доступу. До недоліків варто віднести велику довжину кабелю, невисоку швидкість обміну інформацією і слабку захищеність інформації.

Топологія реальної ЛОМ може в точності повторювати одну з приведених вище чи включати їхню комбінацію.

5.5.3 Особливості локальних комп'ютерних мереж

Особливості локальних комп'ютерних мереж розглянемо на прикладі трьох найбільш розповсюджених ЛОМ.

5.5.3.1 Локальна комп'ютерна мережа Arcnet

Використовує топологію "зірка". Повідомлення від одного комп'ютера до іншого передаються за допомогою маркера, що створюється на одному з комп'ютерів. Цей маркер послідовно надходить до кожного з комп'ютерів. Якщо комп'ютер хоче передати повідомлення, то він чекає приходу маркера і приєднує до нього своє повідомлення, наділене адресою одержувача.

Якщо комп'ютер очікує повідомлення, то після приходу маркера, він аналізує адресу, що зазначена в заголовку повідомлення. Якщо воно призначено для даного комп'ютера, то повідомлення відокремлюється від маркера.

5.5.3.2 Локальна комп'ютерна мережа D-Link

Використовує топології "загальна шина" з подвійною лінією передачі даних.

Забезпечує високу швидкість передачі даних і надійність. Належність переданого по загальній шині повідомлення визначається адресою, включеною у заголовок.

Передача повідомлення відбувається в тому випадку, якщо загальна шина в даний момент вільна, у протилежному разі передача повідомлення затримується на якийсь час.

ЛОМ в Головному управлінні МНС України Харківської області - це мережа типу D-Link, у якій об'єднані 35 комп'ютерів.

5.5.3.3. Локальна комп'ютерна мережа Token Ring

Використовує топологію "кільце". Повідомлення передається по мережі за допомогою маркера, аналогічно мережі Arcnet. Єдина відмінність полягає в тому, що наявний механізм пріоритету, завдяки якому окремі комп'ютери можуть одержувати маркер, швидше за інших.

Контрольні питання

1. Визначте особливості транкінгових систем радіозв'язку.
2. Визначте можливості транкінгових систем радіозв'язку.
3. Наведіть характеристику транкінгових систем протоколу МРТ 1327.
4. Визначте особливості транкінгових систем SmartTrank II.
5. Обґрунтуйте підвищення ефективності оперативного зв'язку МНС України за рахунок застосування транкінгових систем радіозв'язку.
6. Визначте особливості систем стільникового телефонного зв'язку.

7. Визначте можливості систем стільникового телефонного зв'язку.
8. Наведіть характеристику систем стільникового телефонного зв'язку аналогових та цифрових стандартів.
9. Визначте особливості роботи систем стільникового телефонного зв'язку.
10. Що таке автоматичний роумінг?
11. Обґрунтуйте підвищення ефективності оперативного зв'язку МНС України за рахунок застосування систем стільникового телефонного зв'язку.
12. Що таке “електронна пошта”?
13. Наведіть характеристику використання електронної пошти у підрозділах МНС України.
14. Визначте особливості мережі електронної пошти “АСТРА++” МНС України.
15. Дайте характеристику застосування комп'ютерних мереж у МНС України.
16. Наведіть класифікацію комп'ютерних мереж.
17. Визначте особливості локальних та глобальних комп'ютерних мереж.

6 АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ МНС УКРАЇНИ

Необхідна умова ефективного функціонування оперативних підрозділів МНС України - здійснення надійного й оперативного обміну інформацією між цими підрозділами і ЦПЗ гарнізону.

Ефективність такого обміну істотно підвищується, якщо для його реалізації використовуються надійні інженерно-технічні комплекси з високим ступенем автоматизації функцій і адресного представлення необхідних відомостей. Це стає особливо важливим в умовах постійного зростання навантаження на оперативну службу, зв'язаного з ускладненням оперативної обстановки, збільшенням загального числа НС, підвищенням частки великих пожеж та складних аварій.

Створення і використання в діяльності гарнізону МНС України автоматизованих систем управління є одним із найбільш перспективних напрямків удосконалення керування підрозділами.

АСУ являє собою сукупність каналів зв'язку, технічних засобів автоматичної реєстрації, переробки, збереження і відображення інформації і пристроїв оптимізації управлінських рішень, взаємозалежних у процесі функціонування системи людина - машина, призначеної для прийняття управлінських рішень.

АСУ, що створюються для управління підприємствами, об'єднаннями, галузями, відомствами і т.д., базуються на застосуванні економіко-математичних методів, новітніх способів організації процесу управління, сучасної електронно-обчислювальної та організаційної техніки.

Найбільш важливою задачею АСУ є різке підвищення ефективності управління складними процесами через зростання продуктивності праці і вдосконалення методів планування і регулювання керованого процесу або об'єкта загалом.

При цьому є важливою єдність всіх сторін АСУ, без якої неможливо досягти бажаного результату, а іноді навіть можна

отримати і негативний ефект. Наприклад, розробка складних економіко-математичних моделей або планування і організації оперативної діяльності підрозділів гарнізону МНС України, що вимагають для своєї реалізації величезної кількості складних обчислень, неможлива без застосування ЕОМ. Якщо використати сучасні економіко-математичні методи і ЕОМ при незавершній організації процесу оперативної діяльності підрозділів виникне значна диспропорція між теоретичними можливостями засобів, що використовуються, і практичною нездатністю об'єкта до їх застосування. У цих випадках може виникнути негативний економічний і психологічний ефект.

6.1 Умови створення АСУ

При створенні АСУ необхідно виконувати наступні умови:

1. АСУ призначена для управління великими і складними динамічними об'єктами. Під таким об'єктом будемо розуміти об'єкт, який важко піддається управлінню звичайними методами і засобами, внаслідок своїх розмірів, великого обсягу виробництва, складності здійснення управління, наприклад, через багатоваріантність і швидкості протікання процесів. При впровадженні АСУ на таких об'єктах звичайно з'являється можливість рішення нових корисних задач.

2. АСУ повинна управляти об'єктом в реальному масштабі часу, тобто в ритмі, необхідному для управління процесами, що здійснюються на керованому об'єкті. Цей ритм повинен не тільки не стримувати процеси в очікуванні управління, але і випереджати їх.

3. В АСУ повинен здійснюватися принцип інтегральної обробки інформації.

4. Впроваджена і діюча АСУ повинна бути закінченою системою.

6.2 Економічні цілі створення АСУ

Основною економічною метою створення АСУ потрібно вважати збільшення суспільної продуктивності в сфері управління.

Проектування і впровадження АСУ повинні переслідувати наступні економічні цілі:

- скорочення контингенту людей в сфері управління;
- поліпшення якості продукції сфери управління, тобто видача більш ефективних (можливо, й оптимальних) рішень;
- скорочення термінів реакції на різні перешкоди.

Перша мета досягається за рахунок виконання на ЕОМ і в технічних пристроях АСУ рутинних робіт, тобто операцій з введення і передачі інформації, з її переробки і підготовки, виконання окремих розрахунків і т.д.

Поняття рутинних робіт не має постійного змісту. Зі збільшенням пізнань і можливостей людини деякі види робіт, що раніше вважалися творчими, переходять до категорії рутинних.

Друга мета досягається:

- за рахунок використання ряду математичних і евристичних методів для обчислення рішень при управлінні, що неможливо при ручному управлінні;
- за рахунок концентрації всієї необхідної інформації в єдиному розрахунку;
- за рахунок використання "свіжої" інформації і кращої обізнаності про дійсну обстановку.

Третя мета досягається за рахунок налагодженої і безперервної роботи зворотного зв'язку АСУ від об'єкта до органу управління.

АСУ може бути ефективною тільки при реалізації на ЕОМ принципу інтегральної обробки інформації: введення необхідного мінімуму інформації і отримання максимуму результатів. Досягнення ефективності АСУ потрібно шукати в дотриманні вказаного принципу.

6.3 Основні принципи побудови і застосування АСУ

Крім загальних принципів управління процесами, АСУ повинні відповідати ряду основних принципових положень, що визначають порядок створення АСУ, а також напрями їх ефективного використання. У цей час прийнято виділяти наступні основні принципи побудови, застосування і вдосконалення АСУ.

1. Принцип системного підходу до проектування АСУ полягає передусім в тому, що проектування АСУ повинно ґрунтуватися на системному аналізі як об'єкта, так і системи загалом.

Це означає, зокрема, що повинні бути визначені цілі і критерії для функціонування об'єкта і проведена структуризація, що розкриває весь комплекс питань, які необхідно вирішувати для того, щоб система, що проектується, найкращим образом відповідала прийнятим цілям і критеріям. У цей комплекс входять питання не тільки технічного, але і економічного та організаційного характеру.

Впровадження АСУ дає принципово нові можливості для корінного вдосконалення системи економічних показників і економічного стимулювання за рахунок більш детального обліку. Крім того, системний принцип створення АСУ дозволяє впроваджувати окремі підсистеми поступово, незалежно одну від іншої і при цьому не порушувати функціональних зв'язків між ними.

Основною перевагою системного підходу при розробці АСУ є можливість ще на стадії проектування (розробки) визначити функціональні зв'язки і залежність підсистем, послідовність виконання і впровадження проектних робіт, що додає стрункості та раціональності роботам зі створення АСУ.

2. Принцип нових задач полягає в тому, що АСУ повинні забезпечувати рішення якісно нових задач, а не механізувати прийоми управління за принципом їх реалізації ручними методами. На практиці цей принцип задовольняється рішенням

багатоваріантних оптимізаційних задач на базі економіко-математичних моделей.

Для підприємств, наприклад, найбільш важливими виявляються задачі технічної підготовки виробництва і оперативного календарного планування і регулювання. Ефект тут досягається в тому випадку, коли на рівні суміжних завдань відбувається точне узгодження за часом всіх виробничих і забезпечуючих операцій, визначаються оптимальні об'єми партій, здійснюється оптимізація завантаження обладнання. У галузевих системах найважливіше значення мають задачі оптимізації розподілу плану між підприємствами, задачі оптимального розподілу капітальних вкладень тощо.

Для організації управління у структурах МНС України до найважливіших задач можна віднести задачі підготовки підрозділів, складання і корегування розкладу виїздів, планування матеріально-технічного забезпечення, технічного обслуговування та організації експлуатації пожежної та аварійно-рятувальної техніки і обладнання, планування й облік кадрів, профілактичну роботу, бухгалтерію тощо.

3. Принцип першого керівника полягає в тому, щоб розробка вимог до системи, а також створення і впровадження АСУ очолювалося першим керівником об'єкта, що автоматизується.

У разі локальної постановки задачі, наприклад, за необхідності автоматизувати працю бухгалтера, ця задача може бути доручена бухгалтерам (як замовникам), а головний керівник (директор) повинен бути в курсі цих робіт, але безпосередньо не вникати в їх суть. Якщо ж йдеться про принципово нові можливості, які відкриваються перед організацією управління, то такі задачі не можуть бути вирішені без участі першого керівника.

4. Принцип безперервного розвитку системи (принцип відкритої системи) полягає в тому, що ідеологія, структура і конкретні рішення АСУ повинні будуватися так, щоб була забезпечена можливість рішення нових задач, виникаючих в процесі експлуатації АСУ, підключення нових ділянок об'єкта

автоматизації, модернізації технічних засобів системи та її інформаційно-математичного забезпечення і т.д.

Ця вимога пояснюється тим, що по мірі розвитку структури МНС України та її окремих підрозділів виникають нові задачі управління, удосконалюються і видозмінюються старі. Для того, щоб АСУ могли швидко реагувати на ці зміни, в них повинні бути передбачені можливості автоматизації програмування і реструктуризації інформаційної бази.

Комплекси робочих програм повинні будуватися таким чином, щоб у разі необхідності можна було легко міняти не тільки окремі програми, але і критерії, за якими ведеться управління.

5. Принцип єдності інформаційної бази полягає передусім в тому, що на машинних носіях нагромаджується (і постійно оновлюється) інформація, необхідна для рішення не однієї або декількох задач, а всіх задач управління. При цьому виключається невиправдане дублювання інформації, яке неминуче виникає, якщо первинні інформаційні масиви створюються для кожної задачі окремо.

Дані, що зберігаються, утворюють інформаційну модель об'єкта управління. Їх склад і форма представлення визначаються прийнятою концепцією управління.

Система первинних документів, а також система різного роду автоматичних датчиків повинна бути побудована таким чином, щоб будь-яка зміна, що відбувається в об'єкті управління, в мінімально короткий термін вводилася в ЕОМ в спеціальне поле оперативного масиву, а потім ці зміни автоматично або за вказівкою оператора періодично розносилися по інформаційній базі, постійно зберігаючи стан готовності для видачі будь-якої інформації про стан об'єкта.

6. Принцип комплексності задач і робочих програм полягає в тому, що більшість задач управління є комплексними і не можуть бути зведені до простої арифметичної суми дрібних задач. Наприклад, задачі матеріально-технічного забезпечення органічно пов'язані зо всім комплексом задач оперативно-календарного і об'ємно-календарного планування,

оскільки при неможливості точно (за термінами і за номенклатурою) вирішити ці задачі виникає необхідність перегляду планів. Таким чином, між задачами планування діяльності і матеріально-технічного забезпечення відбувається обмін інформацією, що перетворює їх на єдиний комплекс задач. Незалежне їх рішення може значно знизити ефект АСУ.

Принцип комплексності задач і робочих програм є характерним для різних класів автоматизованих систем обробки даних (автоматизація проектування, випробувань, управління різними об'єктами). За наявності програмних комплексів інформаційні потоки в АСУ організовані більш впорядковано, ніж в обчислювальному центрі (ОЦ) загального призначення, де потоки задач, а отже, і потоки даних, є випадковими. У АСУ більшість задач управління точно прив'язані до часу, тобто вирішуються за певним розкладом.

7. Принцип узгодженості пропусчних спроможностей різних ланцюгів системи полягає в тому, що в різних зв'язаних контурах системи повинно забезпечуватися узгодження швидкості обробки даних. Наприклад, втрачається значення швидкодії ЕОМ, якщо при рішенні конкретних задач слабким місцем є введення даних або швидкість обміну інформацією між процесорами ЕОМ.

8. Принцип орієнтації на різних споживачів або принцип типовості полягає у тому, що розробка функціональних підсистем АСУ і пов'язаних з ними технічних комплексів, інформаційної бази, математичного забезпечення і робочих програм будується так, щоб рішення, що пропонуються, могли бути використані великою кількістю замовників. При цьому необхідно в кожному конкретному випадку визначити розумну міру типізації, за якої прагнення до широкого охоплення споживачів не приведе до істотного ускладнення типових рішень. Іноді застосування універсальних програм для різноманітних типів об'єктів управління може привести до того, що робота цих програм буде значно повільнішою, ніж робота спеціально пристосованих до даного типу об'єкта програм. Тому в кожному конкретному випадку доводиться виявляти рівень типізації,

який визначається доцільним відсотком сповільнення роботи типової програми, в порівнянні зі спеціалізованою.

Проте практика підтвердила, що типізація рішень сприяє концентрації сил розробників і створенню дійсно комплексних АСУ. Крім того, значно скорочується час розробки. Важливість цього чинника є очевидною оскільки розробка комплексної АСУ може мати трудомісткість до декількох тисяч людино-років. Застосування типових рішень дозволяє зменшити трудомісткість в десятки і сотні разів.

Виходячи з принципу типовості роботи зі створення підсистем здійснюються в МНС України на основі єдиної інформаційної і технічної бази, з урахуванням єдиних методичних і керівних матеріалів, типових проектів і проектних рішень.

9. Принцип еволюційності передбачає розділення у часі процесу створення системи. Цей принцип діє, в основному, при створенні систем управління складними об'єктами, коли відсутній аналог. У цьому випадку ескізне і технічне проектування системи може виконуватися з урахуванням повного життєвого циклу системи, а робоче проектування і впровадження здійснюються окремо.

10. Принцип сполуки з суміжними системами передбачає обов'язкову сумісність за вихідними реквізитами, а також за технічними та інформаційними параметрами АСУ різних рівнів, незалежно від їх внутрішньої структури і змістовної основи. Цей принцип виключно важливий при об'єднанні різних АСУ в інтегровані системи за регіоном аж до формування загальнодержавної автоматизованої системи управління.

11. Принцип адаптації АСУ до умов застосування, що змінюються, визначає необхідність наявності в АСУ таких засобів, які дозволили б з мінімальними витратами приводити АСУ у відповідність до характеру подібних змін на об'єкті управління, оскільки протягом певного часу об'єкт управління постійно змінюється, удосконалюється, розвивається.

6.4 Види забезпечення АСУ

Функціонування будь-якої автоматизованої системи управління неможливо без застосування різних видів забезпечення, які в своїй сукупності дозволяють працювати всім елементам системи в єдиному комплексі і обумовлюють якість рішення поставлених перед системою задач. До таких видів забезпечення можна віднести правове, інформаційне, математичне, технічне, програмне, лінгвістичне і ергономічне.

6.4.1 Правове забезпечення

Доцільність виділення в організаційно-економічній базі АСУ як спеціального розділу правового забезпечення диктується тим, що як би не підвищувалося значення економічних, технічних або інших аспектів управління, вони обов'язково закріплюються правовими актами.

Типові положення про ланки апарату управління повинні мати правові підстави, тобто єдність і несуперечність правових основ і норм створення та використання системи. Вони повинні спиратися на нормативні акти та інструкції, і, відповідно до цього, апарат управління зобов'язаний відповідати за прийняття і реалізацію рішень, зміст, економічну обґрунтованість і достовірність інформації в умовах функціонування АСУ.

Правовий аспект відіграє велику роль при формуванні інформаційної структури, де одне з центральних місць займає питання встановлення правового статусу машинних документів, що виходять з ОЦ керованого об'єкта.

Центральним елементом організаційно-економічної моделі є економічна постановка задачі, яка повинна містити певну мету, мати економічне обґрунтування і пропонувати узагальнені алгоритми рішення задачі.

6.4.2 Методичне забезпечення

Одним з основних напрямів подальшого розвитку АСУ є поліпшення методичного забезпечення. Методичні матеріали повинні охоплювати не тільки питання прогнозування, довгострокового, поточного і оперативного планування, склад техніко-економічних показників, порядок їх формування і взаємодії, але і питання аналізу результатів роботи окремих підрозділів і організації взагалі, регулювання, прийняття і реалізації рішень кожної задачі або комплексу задач за всіма підсистемами.

6.4.3 Інформаційне забезпечення

Інформаційне забезпечення (інформаційна база) АСУ являє собою сукупність всіх масивів даних, необхідних для автоматизованого управління об'єктом.

Інформаційне забезпечення АСУ є багаторівневою ієрархічною системою показників, що визначають склад об'єктів (будівлі і споруди, обладнання, матеріали і т.д.), даних, що характеризують виробничі об'єкти, а також сукупність виробничих показників, які утворюються шляхом розрахункових операцій. Інформаційне забезпечення здійснює процедури накопичення і зберігання інформації, а також її використання при рішенні різних задач АСУ. Не менш важливим є питання захисту інформації від неузгоджених і несанкціонованих дій користувачів, збоїв обладнання, помилок в програмному забезпеченні і т.д.

Від організації і структури інформаційного забезпечення залежать оперативність і достовірність результатів, що видаються системою, а отже, ефективність управління взагалі. В основу організації інформаційної бази покладені наступні принципи:

- 1) сумісність інформаційних масивів за номенклатурою задач;
- 2) термінологічна однотипність понять інформаційної бази;

3) одноманітність способів представлення величин (реквізитів) в пам'яті ЕОМ, включаючи сумісність за кодами;

4) сполучуваність представлення інформації між різними ланками управління, в тому числі сумісність показників при агрегуванні на різних рівнях управління;

5) сумісність за структурою і вмістом інформаційних масивів в пам'яті ЕОМ;

6) сумісність за програмним забезпеченням, що використовується для форматування і обробки інформаційних масивів;

7) сумісність за технічними засобами, що використовуються для формування і обробки інформаційних масивів.

Вибір тієї або іншої структури масиву і методів його обробки визначається двома групами чинників:

а) технічними і програмними характеристиками комплексу, що використовується для обробки даних; технічними можливостями обладнання; особливостями пристрою пам'яті (умови зберігання, можливості відновлення масивів і т.п.);

б) параметрами задач, що розробляються АСУ; розміром записів, числом записів в масивах, числом масивів, логічними зв'язками між ними; числом і характером змін, що вносяться в масиви; тимчасовим регламентом отримання результату і інше.

Неодмінною вимогою до масивів є стандартне (типове) представлення всіх величин, що входять в масив, єдина структура розташування всіх величин в машинних документах. Стандартне представлення всіх величин забезпечується розробкою єдиного переліку показників, що використовуються в типових задачах АСУ. У цьому переліку за кожним показником дається стандартний опис з уніфікованими позначеннями, термінологією, смисловим навантаженням.

6.4.4 Технічне забезпечення

Технічне забезпечення (технічна база) АСУ є одним з основних компонентів АСУ і являє собою сукупність засобів реєстрації, передачі, змістовної обробки і відображення інформації, процесів управління, що використовуються для автомати-

зації. Технічна база складається з взаємодіючих між собою комплексів технічних засобів (КТЗ), призначених для автоматизації різних процесів управління на тому або іншому ієрархічному рівні.

Основними функціями технічних засобів, що входять до складу технічної бази АСУ, є: реєстрація і збір інформації; розміщення інформації на машинних носіях або передача інформації до місця обробки; обробка і видача результуючої інформації споживачам.

Технічна база АСУ складається з наступних чотирьох частин.

1. Технічні засоби, що охоплюють засоби збору і реєстрації інформації, введення, обробки і видачі інформації, засоби підготовки і передачі даних, засоби диспетчеризації, оргтехніки, допоміжне обладнання, експлуатаційні матеріали і ЗІП. Ці засоби АСУ об'єднуються в КТЗ, взаємопов'язані єдиною структурою, функціональною або організаційною побудовою (наприклад, КТЗ управління, або КТЗ збору і реєстрації даних і т.інш.).

2. Методичні і керівні матеріали, що охоплюють загальносистемні методики та інструкції, керівні матеріали і нормативно-довідкові документи.

До складу загальносистемних методичних матеріалів входять галузеві і державні стандарти, які торкаються технічного забезпечення АСУ.

3. Технічна документація, що містить робочі проекти, а також експлуатаційні інструкції та відомості технічного забезпечення, що створюються для конкретного об'єкта.

Як правило, технічна документація повинна охоплювати структуру КТЗ, склад засобів збору, реєстрації, обробки і передачі даних, технічного оснащення ОЦ, організацію експлуатації КТЗ АСУ, оргоснащення КТЗ АСУ, заявочні відомості, технічне завдання і проект архітектурно-будівельної частини, технологічний процес обробки даних в АСУ.

4. Персонал, що складається з розробляючих і обслуговуючих груп.

У першу групу входять розробники КТЗ обчислювально-го центру, системи телеобробки, суміжних частин проекту. Ці розробники беруть участь в процесі первинного створення системи (разом з проектними організаціями) і здійснюють постійне вдосконалення КТЗ.

Друга група складається з монтажно-налагоджувального, експлуатаційного і допоміжного персоналу КТЗ.

6.4.5 Математичне забезпечення АСУ

Математичне забезпечення (МЗ) АСУ являє собою сукупність математичних методів і алгоритмів, що забезпечують побудову математичних моделей і рішення задач автоматизованого управління.

Відповідно до прийнятої структури, МЗ поділяють на декілька частин.

1. Математичне забезпечення, що включає у свій склад:

- моделювання процесів управління, що містять аналітичні, статистичні, імітаційні та інші моделі управління, окремих його частин, а також економічних, інформаційних, організаційних та інших процесів, що забезпечують функціонування об'єкта управління;

- типові функціональні задачі управління, що охоплюють, наприклад, задачі календарного планування, управління запасами, управління ресурсами, розміщення і т.д.;

- методи багатокритеріальної оптимізації, які визначають оптимальні режими процесу управління складними об'єктами, що характеризуються векторними цільовими функціями;

- методи математичного програмування, що охоплюють лінійне, дискретне, динамічне, нелінійне, стохастичне програмування і оптимізацію на мережах;

- методи математичної статистики, що широко застосовуються в задачах прогнозування розвитку, виявлення причин текучості кадрів, визначення нормативних даних і т.д.;

- методи теорії масового обслуговування, що використовуються для рішення задач визначення оптимального комплексу

обладнання, комплектування штату, оцінки раціональних підходів до централізованого забезпечення і т.п.

2. Документація з математичного забезпечення АСУ, що містить описи алгоритмів, задач, методів і моделей, експлуатаційні інструкції та положення, робочі проекти з МЗ, набір контрольних задач і т.інш. Як правило, до складу документації з МЗ входять: описи задач, завдання на алгоритмізацію і програмування, економіко-математичні моделі задач, алгоритми рішення функціональних задач; тестовий приклад для виявлення помилок в алгоритмах (з мінімальним числом змінних і обмежень), контрольна задача, що визначає міру відповідності побудованої економіко-математичної моделі реальним умовам за початковими даними минулих періодів.

3. Методи вибору математичного забезпечення АСУ, на базі яких формується оптимальна конфігурація МЗ для кожного об'єкта і процесу управління. При цьому розрізняють методи визначення типу задач, оцінки обчислювальної складності алгоритмів, оцінки точності рішення задач при використанні алгоритмів і моделей.

З точки зору технології побудови моделі і рішення будь-якої задачі управління, виділяють наступні етапи:

- розробка економіко-математичної моделі;
- визначення алгоритму рішення відповідних задач управління за допомогою математичних методів;
- складання схеми математичного аналізу отриманого рішення.

У процесі побудови економіко-математичної моделі насамперед визначається цільова функція задачі, що розглядається, і вибирається критерій оптимальності її поведінки. Потім оцінюються найбільш лімітуючі види ресурсів для процесу, що моделюється, а також норми витрати кожного виду ресурсу на одиницю продукції, і складаються формальні математичні співвідношення, що відображають процес, що моделюється. На даному етапі моделювання необхідна спільна робота організаторів управління - постановників задач оптимального

управління і фахівців, що добре володіють математичним апаратом формалізації процесу прийняття рішення.

При побудові економіко-математичних моделей потрібно уникати як зайвої деталізації процесу, що моделюється, яка призводить до великого числа змінних й істотно ускладнює процес моделювання, так і надмірного спрощення, яке веде до спотворення властивостей процесу. Співвідношення, які описують процес управління, що моделюється, повинні забезпечувати рішення, які задовольняють вимогам користувачів.

На етапі визначення алгоритму рішення задач управління фахівці за допомогою обчислювальних методів визначають, які типи задач можуть бути вирішені за допомогою побудованої моделі, вибирають алгоритм отримання оптимального рішення. При цьому критерієм вибору алгоритму можуть бути його обчислювальна складність, точність обчислення, можливість використання типового програмного забезпечення.

Схема математичного аналізу отриманого рішення визначає порядок виявлення помилок в алгоритмах рішення задачі і фіксацію невідповідності побудованої економіко-математичної моделі реальним умовам функціонування об'єкта. Математичний аналіз здійснюється на базі широкого набору тестових і контрольних задач і численного статистичного матеріалу.

6.4.6 Програмне забезпечення

Програмне забезпечення (ПЗ) - це комплекс програм регулярного застосування, керуючих роботою технічних засобів та інформаційної бази в необхідних режимах, що реалізують рішення функціональних задач, а також здійснюють взаємодію людини з всіма обчислювальними засобами АСУ.

У ПЗ виділяються засоби розробки і експлуатації програм (системи програмування, операційна система), засоби технічного обслуговування, а також прикладні програми, орієнтовані на реалізацію цільових і функціональних комплексів.

Засоби програмування забезпечують сприйняття алгоритму або програми рішення задачі, сформульованого зручною

для користувача мовою програмування, і їх автоматичне перетворення (трансляцію) в машинну програму, що безпосередньо забезпечує рішення конкретної задачі.

У систему програмування входять: комплекс трансляторів, бібліотека стандартних модулів, програми редагування зв'язків, програми обслуговування бібліотек стандартних модулів. Система програмування звичайно містить набір програм, що полегшують взаємодію користувача з машиною і що дозволяють розвивати системи програмування, в залежності від характеру задач, що вирішуються споживачем. Подібний комплекс забезпечує друк блок-схем програм, видачу різних довідок за ходом рішення задачі, друк описів різних ділянок робочих програм і т.п.

До засобів розробки програм АСУ відносять також типові процедури обробки даних, що передбачають зберігання в спеціальних машинних бібліотеках наборів стандартних програмних модулів, які можна застосовувати в різних комбінаціях при рішенні тієї або іншої функціональної задачі. Ці модулі можуть використовуватися самостійно і в поєднанні з нетиповими програмами, що розробляються користувачем однією мовою програмування.

Операційні системи (ОС) забезпечують функціонування всіх пристроїв ЕОМ і інформаційної бази в необхідних режимах та виконання необхідної послідовності процедур для рішення тих або інших задач АСУ.

ОС включає ряд керуючих систем (програм).

Система управління задачами (супервізор) розподіляє ресурси ЕОМ, а також управляє процедурами введення та виводу інформації. Ця ж система обробляє переривання у разі примусового перемикання ЕОМ на іншу процедуру і відновлює перерваний стан задачі при продовженні рішення по колишній програмі. Супервізор формує чергу операцій введення та виводу інформації та обслуговує цю чергу відповідно до заданої шкали пріоритету.

Система управління завданнями забезпечує автоматизоване управління потоком завдань без втручання програміста-

користувача, що особливо важливо при централізованому методі обслуговування споживачів.

Традиційні функції ОС звичайно розширюються за допомогою спеціальних програмних засобів, які керують роботою нестандартного периферійного обладнання (реєстраторів, пристроїв введення і відображення даних і т.п.), комплексів і мереж ЕОМ, а також реалізують більш ефективні режими функціонування обчислювальних систем. До вказаних засобів відносяться наступні системи: обслуговування абонентів по каналах зв'язку, рішення задач в режимі розділення часу, обслуговування процесів в реальному масштабі часу, управління базами даних, розмежування доступу до інформаційних масивів і т.п.

Потрібно зазначити, що ПЗ АСУ тісно пов'язано з програмним забезпеченням ЕОМ.

6.4.7 Лінгвістичне забезпечення

Лінгвістичне забезпечення АСУ являє собою сукупність мовних засобів, що використовуються для підвищення ефективності машинної обробки інформації і полегшують спілкування людини з технічними, інформаційними та іншими засобами АСУ.

До складу лінгвістичного забезпечення АСУ входять:

- інформаційні мови для опису структури документів, показників реквізитів і інших структурних одиниць інформаційної бази АСУ;

- мови управління і маніпулювання даними інформаційної бази АСУ;

- мовні засоби інформаційно-пошукових систем;

- мовні засоби систем автоматизації проектування АСУ (в тому числі мови програмування, мови моделювання, мови пакетів прикладних програм, мови високого рівня для опису моделей АСУ, мови генеруючих систем проектування АСУ, мови управління обчислювальними процесами, мови відладки і т.п.);

- діалогові мови спеціального призначення;
- інші спеціалізовані мови.

Крім того, до лінгвістичного забезпечення АСУ потрібно віднести систему термінів і визначень, що використовуються в процесі розробки і застосування АСУ.

6.4.8 Ергономічне забезпечення

Ергономічне забезпечення - це сукупність методів і засобів, що створюють оптимальні умови для діяльності людини в умовах АСУ і забезпечують високоефективну взаємодію людини і колективів людей з різними засобами АСУ. До складу ергономічного забезпечення АСУ входять:

- комплекс методів, методик, нормативних і довідкових документів, що забезпечують можливість замовнику і розробнику обґрунтовано сформулювати ергономічні вимоги до робочих місць, інформаційних моделей і умов діяльності персоналу в АСУ, вибирати найбільш доцільні способи реалізації цих вимог і здійснювати експертизу рівня їх реалізації;

- комплекс навчально-методичної документації і технічних засобів підготовки, що забезпечує можливість обґрунтовано сформулювати вимоги до рівня підготовки персоналу АСУ, формувати систему відбору і підготовки персоналу АСУ;

- комплекс методів і методик, що забезпечують високу ефективність діяльності людини в умовах АСУ.

Роботи з ергономічного забезпечення АСУ повинні виконуватися з використанням наступних груп нормативно-технічних документів:

- загальнодержавних нормативно-технічних документів;
- спеціалізованих керівних матеріалів з ергономічного забезпечення;
- нормативно-довідкових матеріалів.

До складу загальнодержавних нормативно-технічних документів входять державні стандарти з ергономіки та інженерної психології, а також галузеві стандарти, що регламентують специфічні вимоги даної галузі до діяльності персоналу в АСУ.

6.5 Аналіз задач оперативного керування гарнізоном МНС України, що вирішуються за допомогою АСУ

Задачі, що вирішуються в гарнізоні МНС України за допомогою АСУ, можна умовно розподілити на три укрупнених комплекси:

1. Керування адміністративно-господарською діяльністю;
2. Керування профілактичною роботою;
3. Оперативне керування силами і засобами МНС України.

До першого комплексу задач варто віднести:

- матеріально-технічне забезпечення;
- облік і аналіз кадрів, їхнє технічне підготування;
- фінансово-планову роботу;
- оцінку діяльності підрозділів МНС України;
- прогнозування організаційного розвитку гарнізону МНС України;
- планування ремонту і технічного обслуговування пожежної та аварійно-рятувальної техніки і засобів зв'язку й ін.

Другий комплекс задач, розв'язуваних за допомогою АСУ:

- оцінка пожежної небезпеки об'єктів народного господарства й адміністративно-господарських одиниць;
- оцінка рівня пожежного захисту об'єктів народного господарства;
- облік і контроль виконання розпоряджень держпожнадзора;
- контроль дотримання розпоряджень держпожнадзора;
- контроль дотримання протипожежних вимог у процесі проектування і будівництва;
- контроль виконання постанов про припинення роботи об'єктів;

- оцінка ефективності роботи автоматичних установок пожежогасіння, засобів пожежної і пожежно-охоронної сигналізації;

- оцінка рівня профілактичної роботи й ін.

Перші два комплекси задач можуть у загальному випадку вирішуватися за допомогою АСУ широкого призначення, застосовуваних у об'єктах народного господарства, що захищаються гарнізонами МНС України. При цьому можуть використовуватися типові програми або розроблятися нові з урахуванням специфічних особливостей розв'язуваних задач. Причому, з метою прискорення процесу впровадження АСУ в практику керування структурними підрозділами МНС України, розв'язувані задачі повинні розроблятися поетапно з дотриманням обраного пріоритету.

Найбільш актуальним і специфічним для МНС України комплексом задач є оперативне керування силами і засобами (третьої комплексу задач). Вирішувати ці задачі можна тільки при створенні спеціалізованого комплексу на базі ЕОМ. Таку систему називають автоматизованою системою зв'язку й оперативного управління підрозділами МНС України (АСЗОУ).

АСЗОУ гарнізону МНС України охоплює всі підрозділи, що входять у гарнізон. Вона вирішує наступні задачі з оперативного керування підрозділами:

- прийом заявок про пожежі, аварії та стихійні лиха, що надходять по телефонних каналах зв'язку або безпосередньо від заявників;

- прийом електричних сигналів від систем автоматичної пожежної сигналізації, установлених на об'єктах;

- мобілізація сил і засобів гарнізону, а також інших служб на ліквідацію НС;

- забезпечення необхідною інформацією оперативних підрозділів, що прямують до місця НС;

- забезпечення необхідною інформацією оперативних підрозділів, що працюють на місці НС;

- передислокація оперативних підрозділів;

- забезпечення оперативного зв'язку між персоналом Головного управління (управління) МНС України, оперативними підрозділами, мобільними силами, керівником гасіння пожежі (КГП), об'єктами, державними органами, службами міського господарства, органами відомчого і міського керування;

- збір, хронометрування, сортування, накопичення, збереження, відображення, документування і видача зацікавленим установам і державним органам відомостей про пожежі, аварії тощо.

Необхідність і доцільність автоматизації оперативного управління підрозділами обумовлена об'єктивними вимогами і умовами діяльності МНС України. Головні вимоги до оперативного управління:

- забезпечення мінімального часу прибуття оперативних підрозділів до місця НС;

- оптимальний вибір сил і засобів, необхідних для гасіння пожеж, ліквідації аварії;

- передача КГП максимального необхідного об'єму інформації про об'єкт, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення;

- забезпечення, у разі потреби, оперативної передислокації сил і засобів.

Забезпечення ефективного керування оперативними підрозділами МНС України може бути досягнуто за рахунок автоматизації керування:

- виїздом оперативних підрозділів МНС України до місця НС;

- проходженням оперативних підрозділів МНС України до місця НС;

- бойовою роботою оперативних підрозділів МНС України на місці НС.

Варто розглянути вхідну і вихідну інформацію, що необхідна для реалізації зазначених функцій.

6.5.1 Керування виїздом оперативних підрозділів МНС України

Вхідною інформацією для рішення цього комплексу задач є:

- повідомлення про НС (відомості про виникнення, місце виникнення й об'єкт);
- точна адреса об'єкта;
- розклад виїздів оперативних частин МНС України;
- відомості про дислокацію оперативних частин МНС України;
- дані про наявність і стан пожежної та аварійно-рятувальної техніки;
- інформація про наявність і стан особового складу в частинах;

- відомості про автомобілі, що виїхали на пожежу, аварію.

Результатом опрацювання зазначеної інформації є:

- вибір найближчих до місця надзвичайної події оперативних частин МНС України;
- оптимальний вибір сил і засобів, необхідних для гасіння пожежі, ліквідації аварії.

Вихідна інформація використовується для формування і передачі наказу про виїзд оперативних підрозділів на місце НС.

6.5.2 Керування проходженням оперативних підрозділів МНС України до місця надзвичайної події

Для рішення цієї задачі використовується інформація:

- про точну адресу об'єкта;
- про виїзд оперативних підрозділів МНС України;
- про стан доріг;
- про можливі маршрути проходження оперативних підрозділів МНС України до місця НС;
- про прибуття оперативних підрозділів до місця НС.

У результаті рішення цієї задачі вибирається оптимальний маршрут руху оперативних підрозділів до місця НС, що передається начальникам варт частин, що одержали наказ про виїзд, і забезпечує мінімальний час прибуття оперативних під-

розділів до місця НС і керування рухом на вулицях міста під час проходження оперативних підрозділів.

6.5.3 Керування бойовою роботою підрозділів МНС України на пожежі, аварії.

Для рішення цього комплексу задач використовуються:

- відомості про вододжерела;
- відомості про наявність і розташування на об'єкті засобів пожежогасіння;
- технічна характеристика й особливості об'єкта, на якому виникла НС;
- великомасштабні плани, схеми;
- відомості про пожежну та техногенну небезпеку технологічних процесів, матеріалів і речовин, що знаходяться на об'єкті і застосовуються у виробництві;
- інформація про енергопостачання об'єкта;
- рекомендації про прийоми і способи гасіння речовин і матеріалів, що знаходяться на об'єкті;
- плани притягнення додаткових сил і засобів;
- відомості про дислокацію й оснащення найближчих опорних пунктів.

Вихідна інформація, отримана в результаті рішення цього комплексу задач і передана КГП або штабу, містить:

- розрахункові дані про кількість сил і засобів, необхідних для гасіння пожежі, ліквідації аварії;
- відомості про розташування вододжерел;
- відомості про наявність і розміщення на об'єкті засобів пожежогасіння;
- відомості про енергопостачання об'єкта;
- докладну характеристику об'єкта;
- відомості про технологічні процеси, матеріали і речовини, що знаходяться на об'єкті, і про способи і прийоми їх гасіння;

- розрахункові дані за запитом КГП або штабу пожежогасіння (наприклад, кількість засобів пожежогасіння для ліквідації пожеж та ін.).

Ці вихідні дані можуть бути передані КГП як у процесі гасіння пожежі, так і під час проходження підрозділів на пожежу, аварію.

Результати розрахунків використовуються для оцінки обстановки на пожежі, аварії:

- для аналізу сил і засобів, що беруть участь у ліквідації НС;

- для прийняття рішень про притягнення додаткових сил;

- про передислокацію підрозділів;

- про використання сил і засобів опорних пунктів для здійснення оперативного зв'язку і взаємодії зі спецслужбами.

Ступінь автоматизації системи оперативного керування підрозділами МНС України залежить від ряду характеристик міста.

Структура автоматизованої системи зв'язку й оперативного керування підрозділами МНС України визначається складністю розв'язуваних задач, а її ефективність - ступенем автоматизації рішення цих задач.

6.6 Задачі АСЗОУ

При одночасному (або з незначним зміщенням у часі) виникненні більше двох НС в місті, швидкому ускладненні оперативної обстановки диспетчери не в змозі за відсутності засобів автоматизації раціонально (тим більше оптимально) управляти силами і засобами гарнізону МНС України. Відчутні витрати у часі відбуваються за рахунок його втрат на обґрунтований вибір техніки, встановлення зв'язку, видачу наказів і контроль за їх виконанням. Невиправдано витрачається час на поточну ручну реєстрацію основних управлінських рішень, наказів з використання сил і засобів, поточний облік. У екстремальних умовах, що створюються при складній оперативній обстановці в місті,

різко зростає кількість помилок як у роботі диспетчера, так і у роботі керівників, організуючих ліквідацію НС.

Для управління силами і засобами МНС України створюється АСЗОУ, структура якої визначається складністю задач, що вирішуються, а її ефективність - мірою автоматизації рішення цих задач. Тому при виборі структури АСЗОУ стосовно до певного гарнізону повинні бути точно сформульовані її задачі.

Автоматизована система зв'язку і оперативного управління підрозділами МНС України являє собою організаційно-технологічну систему, в якій оптимізовані процеси управління силами і засобами МНС України за допомогою автоматизації рішення управлінських задач. АСЗОУ може бути базою для створення автоматизованого управління підрозділами МНС України адміністративно - територіальних одиниць. Вона призначена для вдосконалення діяльності підрозділів МНС України шляхом автоматизації рішення задач управління і прийняття рішень, а також оптимізації існуючої організаційної структури системи управління і підрозділів, які до неї входять.

АСЗОУ повинна забезпечувати:

- підвищення рівня пожежної та техногенної безпеки;
- зменшення матеріального збитку і загибелі людей від НС;
- зниження відносних витрат на утримання підрозділів МНС України;
- зниження кількості НС;
- відносне зменшення чисельності працівників МНС України;
- зменшення кількості помилок в діях диспетчерського персоналу і оперативних служб ;
- поліпшення якості роботи наглядово-профілактичної ланки працівників МНС;
- підвищення ефективності організаційної і господарської діяльності;
- підвищення ефективності використання засобів зв'язку, сигналізації, пожежної та аварійно-рятувальної техніки і т.п.

Автоматизована система зв'язку і оперативного управління гарнізону МНС України забезпечує рішення декількох класів задач:

- оперативно-тактичної діяльності;
- наглядово-профілактичної діяльності;
- аналізу і статистики;
- адміністративно-господарської діяльності.

Основними задачами оперативного управління силами і засобами в гарнізонах МНС України, що вирішуються АСЗОУ, є наступні:

1. Машинне зберігання інформації про стан всіх видів пожежної та аварійно-рятувальної техніки в гарнізоні.
2. Машинне зберігання довідкових даних про об'єкти.
3. Машинне зберігання типових програм гасіння пожеж різних рангів (номерів) та ліквідації аварій.
4. Машинне зберігання розкладу виїздів оперативних підрозділів на ліквідацію НС.
5. Прийом і автоматична реєстрація всіх видів оперативної інформації.
6. Автоматизація діалогу "диспетчерський пункт - заявник".
7. Автоматизація селекції корисної інформації.
8. Автоматизація аналізу інформації, яка надходить, і вироблення оптимального управлінського рішення.
9. Автоматизація передачі наказів оперативним частинам.
10. Автоматизація контролю виконання наказів.
11. Автоматизація складання відомостей про зміни складу пожежної та аварійно-рятувальної техніки.
12. Автоматизація вибору оптимального маршруту проходження до місця НС.
13. Машинне зберігання й автоматизація пошуку оперативних планів ліквідації НС на конкретних об'єктах.
14. Автоматизація відображення оперативної обстановки в місті.

15. Автоматизація відображення наявності пожежної та аварійно-рятувальної техніки в частинах стосовно до реального часу.

16. Автоматизація відображення маршруту прямування оперативних підрозділів МНС України до міста НС в реальній топографії і за реальний час.

17. Автоматизація контролю часу прибуття пожежної та аварійно-рятувальної техніки на місце НС.

18. Автоматизація прогнозування розвитку пожеж та аварій для найбільш важливих об'єктів.

19. Автоматизація вироблення управлінських рішень з гасіння пожеж, ліквідації аварій.

20. Забезпечення цілодобового надійного оперативного зв'язку.

Аналіз складу і складності перерахованих задач показує, що рішення їх можливе тільки за допомогою засобів автоматизації, об'єднаних в загальну систему оптимального управління силами і засобами. Більш детальне вивчення задач стосовно до гарнізону МНС України повинно здійснюватися на етапі проектування системи.

6.7 Принципи побудови АСЗООУ

В основу АСЗООУ повинні бути покладені типові рішення, однак для кожного конкретного гарнізону МНС України можуть бути виділені свої особливості. Однією з них є фактична інтенсивність викликів, що поступають в мережу зв'язку гарнізону, яку кількісно необхідно визначити при проектуванні системи. Саме інтенсивність викликів є основою для оптимізації пропускнуої спроможності окремих підсистем АСЗООУ і системи взагалі.

При проектуванні системи потрібно детально проаналізувати існуючу структуру мережі зв'язку даного гарнізону, дослідити її характеристики, визначити міру її придатності для нормального функціонування АСЗООУ. Якщо внаслідок передпроектних досліджень буде встановлена невідповідність

мережі зв'язку вимогам, що пред'являються АСЗОУ, то придбання її типового технічного комплексу можливе лише за умови наявності конкретного плану рішення цих задач.

Крім того, при впровадженні навіть типової АСЗОУ необхідно зробити прив'язку її технічного комплексу до реально розміщення в конкретному приміщенні, забезпечити відповідним електроживленням.

6.8 Функціональна схема АСЗОУ

АСЗОУ складається з наступних взаємопов'язаних складових частин, що представляють функціональні системи:

- система оперативно-диспетчерського управління;
- система оперативно-диспетчерського зв'язку;
- система організаційного і правового забезпечення;
- інформаційно-керуюча обчислювальна система.

Кожна з систем вирішує свій клас задач і може складатися з двох або декількох підсистем.

Система оперативно-диспетчерського управління включає в себе обчислювальну підсистему і підсистему телеобробки даних, які призначені для рішення оперативно-тактичних задач управління силами і засобами МНС України.

Система оперативно-диспетчерського зв'язку складається з підсистем оперативно-диспетчерського радіозв'язку і телефонного зв'язку. Ці підсистеми призначені для збору і обміну інформацією між підрозділами МНС України, а також заявниками (об'єктами захисту) і службами міста (органами міського управління, службами взаємодії, адміністративними допоміжними службами).

Система організаційного і правового забезпечення включає в себе організаційно-технічну і нормативно-правову документацію, яка встановлює і закріплює порядок створення, мету, задачі, структуру, функції і правовий статус підрозділів автоматизованої системи зв'язку і оперативного управління. Крім цього, вказана вище документація призначена для забезпечення ефективного функціонування системи.

Інформаційно-керуюча обчислювальна система складається з декількох підсистем, що забезпечують автоматизацію функцій галузевих служб і підрозділів МНС України, включаючи наглядово-профілактичну, фінансову, адміністративно-господарську та інші функції МНС України.

6.9 Структурна схема АСЗОУ

Структурна схема АСЗОУ представлена на рис. 6.1. Повідомлення про НС надходить в підсистему прийому і автоматичної реєстрації інформації і аналізується підсистемою аналізу інформації, яка за допомогою відомостей, що є в підсистемі інформаційно-довідкового фонду і типових програм підсистеми розкладів видає дані, відповідні оперативній ситуації, що виникла, підсистемі управлінського рішення.

Управлінське рішення - це наказ на виїзд відповідним оперативним підрозділам, який передається автоматично підсистемою передачі наказів за командою диспетчера підрозділам МНС України. Виконання наказу - виїзд техніки - автоматично контролюється на диспетчерському пункті підсистемою контролю і виконання наказів, внаслідок надходження сигналів від датчиків, встановлених в місцях стоянок автомобілів. За наявності підсистеми прогнозування розвитку НС і вироблення керівних рішень накази формуються з урахуванням виданих вказівок підсистемою прогнозів.

Підсистема оптимізації маршруту на основі отриманої адреси НС видає оптимальний маршрут проходження кожного оперативного підрозділу МНС України з метою скорочення часу прибуття на місце НС. Підсистема стеження за маршрутом забезпечує автоматичне стеження за рухом техніки по місту з видачею підтверджуючого сигналу на диспетчерський пункт про час прибуття кожної машини на місце НС.

Вся інформація про наявність техніки в оперативних підрозділах гарнізону МНС України, про відбуття і прибуття її відображається на робочому місці диспетчера з вказівкою поточного часу. За допомогою підсистеми відображення наявності техніки диспетчер в будь-який час має абсолютні відомості про наявність техніки в бойовій готовності в частинах.

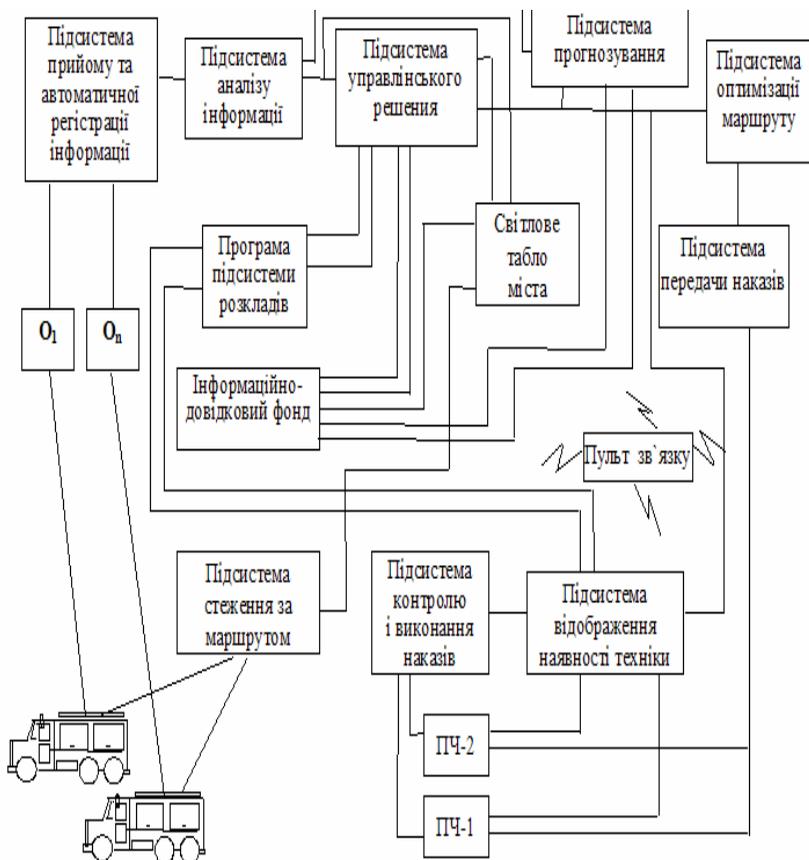


Рисунок 6.1 - Структурна схема АСЗОУ

Треба зазначити, що в наш час ще не всі підсистеми АС-ЗОУ, показані на схемі, повністю розроблені. До них відносяться, зокрема, підсистеми прогнозування і вироблення керівних рішень та оптимізації маршруту проходження техніки до місця НС.

Контрольні питання

1. Визначте особливості і можливості автоматизованої системи управління підрозділами МНС України.
2. Визначте умови та економічні цілі створення автоматизованої системи управління підрозділами МНС України.
3. Наведіть основні принципи побудови і застосування автоматизованої системи управління підрозділами МНС України.
4. Наведіть класифікацію автоматизованих систем управління.
5. Визначте види та особливості забезпечення автоматизованої системи управління підрозділами МНС України.
6. Надайте характеристику задач оперативного управління гарнізоном МНС України, що вирішуються за допомогою АСУ.
7. Наведіть принципи побудови та задачі автоматизованих систем зв'язку і оперативного управління підрозділами автоматизованої системи управління підрозділами МНС України.
8. Наведіть структурну схему автоматизованої системи зв'язку і оперативного управління гарнізоном МНС України.
9. Визначте особливості роботи підсистем автоматизованої системи зв'язку і оперативного управління гарнізоном МНС України.
10. Обґрунтуйте підвищення ефективності управління підрозділами МНС України за рахунок застосування автоматизованих систем зв'язку і оперативного управління.

7 ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ І УПРАВЛІННЯ В МНС УКРАЇНИ

7.1 Загальні відомості про систему експлуатації

Термін “експлуатація” походить від французького слова exploitation, яке перекладається як “використання”. У широкому значенні експлуатація означає використання людиною продуктивних сил з метою задоволення певних потреб.

Експлуатація радіоелектронної апаратури (РЕА) являє собою цілеспрямовану сукупність організаційних дій особового складу з приведення всіх елементів РЕА в необхідний (або заданий) стан, підтримки їх в цьому стані і застосування з необхідною ефективністю.

Система експлуатації - складається з сукупності об'єктів експлуатації, обслуговуючого їх особового складу і засобів експлуатації, які взаємодіють між собою з метою підтримки в необхідних межах характеристик РЕА. Об'єктом експлуатації є радіоелектронна апаратура, а засоби експлуатації включають в себе вимірювальну апаратуру, засоби управління процесом експлуатації, технологічне обладнання та експлуатаційно-витратні матеріали, які необхідні для визначення і підтримки справності елементів РЕА.

Експлуатація технічних засобів зв'язку і управління (ТЗЗУ) в МНС України організується згідно з вимогами Наставови по експлуатації ТЗЗУ МНС України.

Експлуатація технічних засобів зв'язку і управління МНС України є комплексом організаційно-технічних заходів, що забезпечують тривале функціонування ТЗЗУ ПО відповідно до вимог експлуатаційно-технічної документації (ЕТД). Експлуатація засобів зв'язку і управління включає застосування засобів зв'язку і управління та їх технічну експлуатацію.

Система експлуатації визначає принципи взаємодії частин, установ, служб і організацію проведення робіт на різних її етапах для забезпечення необхідних показників якості експлуатації.

Система експлуатації РЕА включає в себе три самостійні підсистеми:

- підсистему бойової експлуатації;
- підсистему технічної експлуатації;
- підсистему організації і забезпечення бойової і технічної експлуатації.

Кожній з приведених підсистем відповідає свій процес функціонування.

Бойова експлуатація РЕА - процес, що складається з безпосереднього застосування і чергування в очікуванні застосування.

Застосування засобів зв'язку і управління (ЗЗУ) передбачає:

- підготовку до роботи в заданому режимі;
- встановлення заданого режиму роботи;
- передачу (прийом) інформації;
- контроль за станом зв'язку і режимами роботи апаратури та обладнання;
- оперативне перемикання;
- ведення технічної документації.

Технічна експлуатація складається з зберігання і транспортування РЕА, технічного обслуговування, ремонту (відновлення) і супроводу експлуатації.

Технічна експлуатація включає:

- введення засобів зв'язку і управління в технічну експлуатацію;
- технічне обслуговування, ремонт, планування експлуатації і облік засобів зв'язку і управління;
- зберігання;
- контроль за технічним станом:
- статистичний облік і аналіз відмов;
- матеріально-технічне забезпечення;
- рекламацийну роботу і технічне обслуговування;
- категорювання і списання.

Організація і забезпечення бойової і технічної експлуатації включає наступні заходи:

- планування;
- організацію;
- управління;
- матеріально-технічне і метрологічне забезпечення;
- забезпечення підготовки особового складу до роботи;
- ведення обліку і звітності зо всіх питань бойової і технічної експлуатації.

7.2 Показники надійності засобів зв'язку і управління

Даючи визначення терміну “профілактика”, називалися поняття “надійність”, “працездатність” і “відмова”.

Надійність - це властивість системи зберігати у часі і встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонту, збереження і транспортування.

Потрібно зазначити, що надійність є комплексною властивістю, яка в залежності від призначення об'єкта і умов його експлуатації, може включати безвідмовність, довговічність, ремонтоздатність і збереженість.

Всі перераховані характеристики надійності як загально-го поняття можна віднести і до ТЗЗУ. Тому під безвідмовністю ТЗЗУ розуміють властивість системи безперервно зберігати працездатність протягом деякого часу (деякого напрацювання).

Під довговічністю ТЗЗУ розуміють властивість системи зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонтів.

Ремонтоздатність ТЗЗУ - властивість системи, що полягає в її можливості попередження і виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень, а також в підтримці і відновленні працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів.

Під збереженістю ТЗЗУ мають на увазі властивість системи зберігати значення показників безвідмовності, довговічності і ремонтоздатності після зберігання і (або) транспортування.

До характеристик надійності відносяться поняття працездатності і відмови.

Працездатність - це такий стан системи, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам НТКД.

Відмова - подія, що полягає в порушенні працездатності системи.

Всі перераховані вище характеристики надійності є якісними, однак надійність має і кількісні критерії. Під критерієм надійності розуміють міру, за якою оцінюється надійність виробу.

Як відомо, вироби поділяються на ті, що відновлюються, і на ті, що не відновлюються. Критеріями надійності виробів, що відновлюються, є:

- імовірність безвідмовної роботи $P(t)$;
- інтенсивність відмов $\lambda(t)$;
- середнє напрацювання $T_{\text{ср}}$.

Імовірність того, що в межах заданого часу напрацювання відмова об'єкта не виникає, називається імовірністю безвідмовної роботи. Статистично цю імовірність $P(t)$ можна визначити за формулою:

$$P(t) = \frac{N(t_0) - n(t)}{N(t_0)} \quad (7.1)$$

де $N(t_0)$ - число виробів, поставлених на випробування в момент часу $t_0=0$;

$n(t)$ - число виробів, що відмовляють за час t .

Інтенсивність відмов - це умовна щільність імовірності виникнення відмови системи, яка не відновлюється, що

визначається для моменту часу, який розглядається за умови, що до цього моменту відмова не виникла:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}, \quad (7.2)$$

де $f(t)$ - функція щільності розподілу часу до відмови.
Оскільки

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}, \quad (7.3)$$

а $F(t) = Q(t) = 1 - P(t)$, то вираз перетворюється на такий:

$$\lambda(t) = \frac{1}{P(t)} \frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{1}{P(t)} \frac{dP(t)}{dt} \quad (7.4)$$

Після інтегрування лівої і правої частини диференціального рівняння отримаємо:

$$\int_0^t \lambda(t) dt = -\ln P(t). \quad (7.5)$$

Внаслідок чого маємо:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (7.6)$$

Цей вираз носить назву загального закону надійності.

Статистичне визначення інтенсивності відмов - це відношення кількості систем, що відмовили за одиницю часу до кількості систем, що залишилися справними до даного моменту часу, за умови, що системи, які відмовили, не відновлюються і не замінюються на працездатні.

Типовий графік змін функції $\lambda(t)$ показаний на рисунку 7.1. Він містить три ділянки, які відповідають трьом періодам експлуатації системи:

- I. Період напрацювання апаратури;
- II. Період нормальної експлуатації апаратури;
- III. Період старіння апаратури.

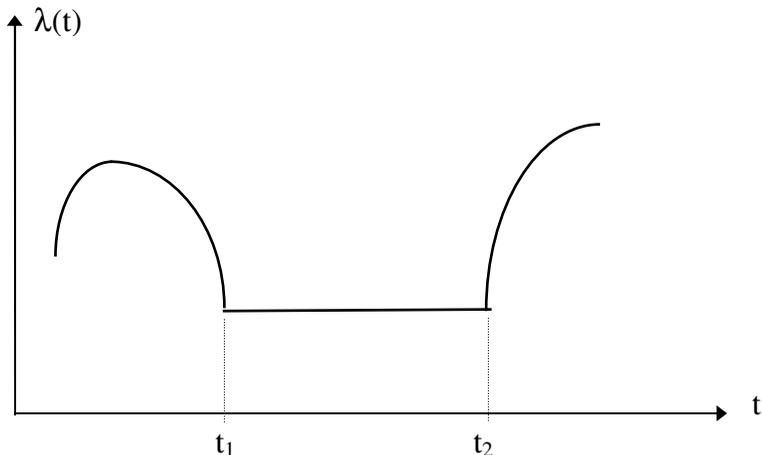


Рисунок 7.1 – Графік змін інтенсивностей відмов ТЗЗУ:
0... t_1 - період напрацювання апаратури;
 t_1 ... t_2 - період нормальної експлуатації апаратури;
> t_2 - період старіння апаратури

Як правило, період напрацювання, в основному, реалізується в процесі автономних і комплексних випробувань апаратури, а до моменту початку періоду старіння апаратуру знімають з експлуатації. Період нормальної експлуатації відрізняється постійністю величини $\lambda(t)$:

$$\lambda(t) = \lambda = \text{const.}$$

Отже, на цьому етапі в кожний момент часу частка систем, що відмовили, від загального числа систем, що зберегли працездатність, залишається постійною.

Отже, для періоду нормальної експлуатації справедливий експоненціальний закон надійності:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda dt} = e^{-\lambda t} \quad (7.7)$$

Інтенсивність відмов є одним з найбільш поширених показників надійності елементів і засобів зв'язку і управління в МНС України. Значення інтенсивності відмов типових радіоелектронних елементів приводяться в довідковій літературі і широко використовуються фахівцями для розрахунку надійності апаратури зв'язку і управління.

Середнє напрацювання являє собою математичне очікування напрацювання системи до першої відмови і обчислюється за формулою:

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} t dQ(t), \quad (7.8)$$

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t) dt, \quad (7.9)$$

тобто фізичне поняття значення напрацювання повністю відповідає площі під кривою $P(t)$.

Якщо $\lambda(t) = \lambda$, то:

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} \Big|_0^{\infty} = \frac{1}{\lambda}, \quad (7.10)$$

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda}. \quad (7.11)$$

Середнє напрацювання - один з найбільш зручних показників надійності систем, які працюють до першої відмови.

За допомогою розглянутих критеріїв можна оцінити надійність і виробів, що не відновлюються, а також тих, що відновлюються.

Розглянемо критерії надійності виробів, що відновлюються. Одним з таких критеріїв є параметр потоку відмов.

Це є відношення середнього числа відмов системи, що відновлюється при достатньо малому її напрацюванні, до значення цього напрацювання. Параметр $\omega(t)$ характеризує середнє число відмов, очікуваних в малому інтервалі часу:

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} = \frac{M[r(t + \Delta t)] - M[r(t)]}{\Delta t}, \quad (7.12)$$

де $M[r(t)]$ - математичне очікування числа відмов $r(t)$ за час t .

Цей показник відображає реальні умови експлуатації апаратури зв'язку і управління МНС України, в яких по мірі виходу з ладу елементів, що відмовили, відбувається їх відновлення або заміна.

ТЗЗУ підрозділів МНС протягом тривалого часу знаходяться в режимі чергування. Протягом цього часу можливе виникнення великого числа відмов засобів зв'язку і управління. Їх надійність не може підтримуватися на заданому рівні без здатності конструкцій цих засобів до відновлення, яке включає виявлення відмови, її локалізацію, усунення причин відмови, заміну елемента, що відмовив, і приведення засобу зв'язку і управління в початковий стан для подальшого застосування.

Міра здатності засобів до виконання цих операцій характеризує ремонтоздатність, основними показниками якої є:

- імовірність відновлення працездатного стану;
- середній час відновлення;
- інтенсивність відновлення.

Імовірність відновлення - це імовірність того, що засіб буде відновлений після відмови за даний час і в певних умовах ремонту, тобто

$$V(t) = \text{Ймов}\{t_B \leq \tau\}, \quad (7.13)$$

де t_B - випадковий час відновлення системи;
 τ - заданий час відновлення.

Імовірність $V(t)$ представляє за своїм математичним значенням функцію розподілу, або інтегральний закон розподілу часу відновлення:

$$V(t) = \int_0^t f(t_B) dt_B, \quad (7.14)$$

де $f(t_B)$ - щільність розподілу часу відновлення.

Якщо $f(t_B) = \mu e^{-\mu t_B}$, то $V(\tau) = 1 - e^{-\mu \tau}$,

де μ - інтенсивність відновлення, тобто кількість відновлень, що здійснюється в одиницю часу.

7.3 Ремонт засобів зв'язку

7.3.1 Організація ремонту засобів зв'язку

В процесі експлуатації засобів зв'язку виникають несправності через вихід з ладу окремих деталей, порушення регулювання елементів і каскадів. В початковий період значне число несправностей є наслідком технологічних недоробок. По мірі спрацювання відбувається старіння деталей, погіршення характеристик апаратури, знижується її надійність, число відмов поступово, але неухильно зростає. З метою запобігання і максимального скорочення числа відмов, а також відновлення технічного ресурсу, необхідно періодично проводити технічне обслуговування і ремонт засобів зв'язку.

Технічне обслуговування засобів зв'язку МНС України організовують начальник відділу (відділення) зв'язку ГУ (У) МНС України в області, начальник служби зв'язку гарнізону,

начальник пожежно-рятувальної частини. Він проводиться у встановлені строки майстрами зв'язку, а також особовим складом, за яким закріплені ці засоби. До найбільш важливих задач технічного обслуговування засобів зв'язку відносяться підтримання їх у справному стані, забезпечення постійної готовності до роботи, своєчасне виявлення несправностей і їх усунення.

Технічне обслуговування засобів зв'язку включає до себе наступні заходи: технічні огляди (щоденні і періодичні), а також періодичні регламентні роботи.

Щоденні технічні огляди виконуються відповідно до вимог заводських інструкцій і накопиченого досвіду експлуатації. Під час технічних оглядів проводяться:

- зовнішній огляд засобів зв'язку, видалення з них пилу без розкриття блоків;
- перевірка надійності до кріплення апаратури на пересувній техніці;
- перевірка якості з'єднань в перехідних колодках і роз'ємах;
- перевірка стану вимикачів, запобіжників, ключів, контакторів;
- визначення надійності підключення дротів живлення, з'єднальних кабелів і проводів, пайки антенних фідерів, кріплення антени;
- перевірка плавності обертання ручок регулювальників і жорсткості фіксації перемикачів; визначення якості заземлення;
- перевірка напруги, що здійснюють живлення апаратури зв'язку;
- перевірка роботи засобів зв'язку під струмом; визначення працездатності радіостанцій в режимах прийому, чергового прийому і передачі.

Виявлені при технічних оглядах несправності повинні негайно усуватися. У випадку, якщо не вдається усунути виявлені несправності в процесі технічного огляду, той, хто виконує технічний огляд, зобов'язаний доповісти про це керівнику і

зробити відповідний запис в журналі несправностей засобів зв'язку. Періодичні регламентні роботи виконуються згідно з розробленим заздалегідь графіком інженерами і майстрами зв'язку, з метою забезпечення безвідмовної роботи засобів зв'язку та іншого обладнання. Об'єм регламентних робіт і періодичність їх проведення викладені в заводських інструкціях на кожний тип апаратури зв'язку. Ремонт засобів зв'язку виконується для відновлення їх працездатності, продовження ресурсу; він може бути неплановим і плановим. У залежності від об'єму робіт, що виконуються для відновлення працездатності засобів зв'язку, неплановий ремонт буває поточним і відновним.

Поточний ремонт необхідний для підтримки засобів зв'язку в справному, працездатному стані до чергового планового ремонту. Проводиться він особовим складом, за яким закріплені засоби зв'язку, і, за необхідності, можуть залучатися майстри зв'язку. У ході поточного ремонту несправності усуваються шляхом заміни, відновлення окремих змінних частин, елементів, приладів, блоків, вузлів, а також проводять регулювальні роботи.

Відновний ремонт проводиться з метою швидкого відновлення працездатності засобів зв'язку, що отримали пошкодження в аварійних ситуаціях або при роботі з ліквідації наслідків НС, методом заміни пошкоджених блоків, вузлів та інших складових частин засобів зв'язку. У залежності від характеру пошкодження, відновний ремонт може проводитися силами майстрів зв'язку частин і підрозділів МНС України без зняття засобів зв'язку з експлуатації.

Крім поточного і відновного, до позапланового ремонту потрібно віднести гарантійний ремонт, який проводиться представниками заводів або ремонтних органів за рекламаціями підрозділів, які користуються засобами зв'язку.

Для відновлення ресурсу засобів зв'язку проводяться два види планового ремонту - середній і капітальний. Вони виконуються в певній послідовності і у відповідності до установлених для кожного виду апаратури міжремонтних термінів або міжремонтного напрацювання.

Планові ремонти мають за мету усунення несправностей, які обумовлені старінням апаратури, і відновлення ресурсу, тобто забезпечення надійної роботи виробу, що ремонтується, до наступного чергового планового ремонту. Для цього в процесі планового ремонту не тільки усувають виявлені несправності, але і вживають заходів до попередження відмов протягом наступного міжремонтного терміну. Досягається це заміною або ремонтом зношених і відпрацьованих термін служби елементів і деталей та доведенням всіх параметрів і характеристик засобів зв'язку до норм.

Необхідність в чергуванні двох видів планового ремонту пояснюється різними термінами служби окремих деталей і вузлів. Наприклад, такі недовговічні деталі і вузли, як перемикачі, змінні резистори, роз'єми, вимагають заміни через 2000-5000 годин роботи апаратури або через 3-5 років експлуатації. У той же час ресурс більшості масових радіодеталей, таких як напівпровідникові прилади, постійні резистори, конденсатори, приблизно в два рази більший. Вони підлягають 100%-вій перевірці і частковій заміні після 8000-10000 годин або після 3-12 років експлуатації апаратури. Тому в процесі середнього ремонту відбувається часткове відновлення ресурсу роботи апаратури, а при капітальному - більш повне її відновлення, оскільки в ході його перевіряються і замінюються деталі, що мають як 3-5-річний, так і 8-12-річний термін експлуатації.

Середній ремонт проводиться з метою відновлення ресурсу і експлуатаційних характеристик засобів зв'язку шляхом ремонту або заміни зношених і пошкоджених деталей і вузлів. При середньому ремонті обов'язково перевіряють технічний стан пристроїв і усувають всі виявлені несправності; виконують регульовальні, слюсарно-механічні й інші ремонтні роботи.

У ході середнього ремонту може виконуватися капітальний ремонт окремих основних частин апаратури. По закінченні середнього ремонту проводять комплексну перевірку і регулювання засобів зв'язку, доводячи параметри до номінальних значень, вказаних в технічних умовах. Середній ремонт масових засобів зв'язку може виконуватися на ремонтних постах

майстрами зв'язку під керівництвом інженера зв'язку за наявності необхідного обладнання і приладів.

У випадках складних несправностей ремонт повинен проводитися в спеціальних стаціонарних майстернях і на ремонтних підприємствах.

Капітальний ремонт виконується для відновлення повного або близького до повного ресурсу засобів зв'язку із заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові. Він полягає в розбиранні виробу на вузли і блоки, виявленні дефектів, ремонті всіх блоків, вузлів, заміні або відновленні несправних елементів, в проведенні зварювальних, слюсарно-механічних та інших робіт, відновленні захисного шару, монтажі, перевірці блоків, збиранні виробу, комплексній перевірці, регулюванні і доведенні всіх параметрів до норм, вказаних в технічних умовах.

У ході капітального ремонту може виконуватися часткова заміна застарілих і знятих з виробництва елементів новими. Виконується капітальний ремонт у спеціалізованих майстернях зв'язку.

Планування ремонту засобів зв'язку здійснюється на основі встановлених міжремонтних термінів. При складанні плану враховується число відпрацьованих годин з моменту введення засобів зв'язку в експлуатацію або з часу останнього ремонту і відповідність цього часу міжремонтним термінам.

7.3.2 Порядок виконання ремонтних робіт

З метою скорочення часу, що витрачається на ремонт апаратури, дотримуються такої послідовності робіт:

- визначають місця пошкодження або несправності;
- проводять ремонт і експлуатаційне регулювання;
- проводять контрольні перевірки або випробування апаратури після ремонту.

Найбільш складним з перерахованих видів робіт є пошук несправностей. Він вимагає високої кваліфікації технічного персоналу і займає 60 - 80% загального часу, що втрачається на відновлення апаратури. Тому одним з головних питань

загальної методики проведення ремонту засобів зв'язку виявляється дотримання певної послідовності при виявленні несправностей.

Спосіб зовнішнього огляду є найбільш простим і може застосовуватися навіть при низькій кваліфікації обслуговуючого персоналу. Його застосування ефективно, коли несправність супроводжується різко вираженими ознаками обгоряння деталей, появою диму і запаху, іскрінням, механічними пошкодженнями деталей, слідами корозії або окислення.

Спосіб заміни передбачає заміну несправних блоків, вузлів і окремих зйомних деталей справними і працездатними. Якщо після заміни відновлюється стійка робота виробу взагалі, то замінений елемент був несправним. Для апаратури, що складається з легкозйомних блоків, вузлів, деталей, цей спосіб дозволяє швидко знайти несправність при порівняно низькій кваліфікації ремонтника. Спосіб заміни ефективний тоді, коли в одному гарнізоні МНС України експлуатується велике число однотипної апаратури, що складається з взаємозамінних блоків і вузлів.

Спосіб виключення полягає в тому, що при перевірці апаратури послідовно виключаються блоки, каскади та окремі елементи.

Число каскадів, що перевіряються, і елементів при цьому поступово зменшується, що забезпечує порівняно швидке визначення пошкоджень.

Спосіб порівняння передбачає порівняння режимів елементів в апаратурі, що перевіряється, з режимами однотипного справного пристрою. Цей спосіб застосовують в тому випадку, коли немає технічної документації або в ній відсутні карти напруг, опорів тощо.

Спосіб контрольного перемикання і перевірок полягає у використанні органів управління, що є в апаратурі, і перемиканні режимів роботи, а також у використанні вбудованих в апаратуру (доданих до неї) вимірювальних і індикаторних пристроїв. Встановлюючи перемикачами різні режими роботи, за допомогою зовнішніх приладів можна визначити стан різних

трактів і блоків апаратури. У сучасній складній апаратурі все частіше використовуються вбудовані прилади і пристрої контролю, що дозволяють перевірити стан окремих трактів, блоків і каскадів.

Спосіб вимірювань є найбільш складним і вимагає застосування спеціальної вимірювальної апаратури. За допомогою цього способу можна швидко відшукати несправність. При використанні вимірювальних приладів можливо не тільки визначити несправний елемент, але і отримати повне уявлення про якісні показники апаратури (рівні сигналу на вході і виході, коефіцієнта підсилення та інш.).

Спосіб вимірювань застосовують для перевірки блоків, каскадів і елементів апаратури, які не можуть бути перевірені іншими перерахованими вище способами. Для такої перевірки в апаратурі передбачені спеціальні контрольні точки, в яких вимірюють напругу, частоту, форму сигналу та інші параметри. Виміряні величини порівнюють з даними, вказаними в технічній документації. Цей спосіб застосовується для будь-якої апаратури і є основним. Разом з тим він вимагає високої кваліфікації обслуговуючого персоналу, знання процесів, що відбуваються у кожному каскаді апаратури, і уміння користуватися вимірювальними приладами.

Спосіб характерної ознаки заснований на тому, що на вхід несправного пристрою подається вимірювальний сигнал із заданістю заданими параметрами. Про місце пошкодження судять за характерними ознаками вихідного сигналу. Цей спосіб застосовується для перевірки таких елементів, відмови яких виявляються у вихідному сигналі. Описаний спосіб вимагає, як правило, створення спеціальних випробувальних установок для кожного типу апаратури.

При ремонті складних засобів зв'язку для пошуку несправностей найкращих результатів можна досягти при комплексному використанні декількох розглянутих способів.

Після ремонту засобів зв'язку необхідно перевірити їх працездатність, виміряти основні параметри і довести їх до значень, вказаних в технічних умовах.

Основні контрольно-регулюючі роботи, які необхідно виконувати після ремонту радіостанцій:

- перевірка вихідної потужності передавача;
- перевірка чутливості мікрофонного входу;
- перевірка максимальної девіації частоти;
- перевірка допустимого відхилення частоти передавача;
- перевірка допустимих відхилень частот тональних генераторів;
- перевірка чутливості приймача при співвідношенні сигнал-шум, що дорівнює 20 дБ;
- перевірка вихідної потужності приймача;
- перевірка допустимих відхилень частот гетеродинів приймача.

Контрольні питання

1. Визначте особливості системи експлуатації засобів зв'язку та управління у МНС України.

2. Визначте основні показники надійності засобів зв'язку та управління МНС України.

3. Надайте характеристику особливостям організації ремонту засобів зв'язку та управління у МНС України.

4. Визначте види та особливості планового ремонту засобів зв'язку та управління у МНС України.

5. Наведіть порядок виконання ремонтних робіт засобів зв'язку та управління у МНС України.

6. Обґрунтуйте підвищення ефективності управління технічним обслуговуванням та ремонтом за рахунок застосування автоматизованих систем управління підрозділами МНС України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України “Про правові засади цивільного захисту”. Київ, 24 червня 2004 р., № 1859-IV.
2. Артамонов Е.Н., Хомоненко А.Д. Основы современных компьютерных технологий.- Спб.: Корона, 1998.- 448 с.
3. Комп’ютерна техніка. Комп’ютерні технології / Під ред. І.О. Пушкаря.-Київ: Академія, 2003 .- 704 с.
4. Настанова по службі зв’язку і АСУ пожежної охорони МВС України (додаток до наказу № 755 МВС України від 9.06.1992 р.).
5. Настанова з експлуатації техніки зв’язку (додаток до наказу № 585 МВС України від 19.07. 2001р.).
6. Саницький В.А., Карацюба А.М., Святобог В.В. Система інформаційного забезпечення ОВС України. - Київ: Редакційно-видавничий відділ МВС України, 2000.-144 с
7. Чудинов В.Н. Связь в пожарной охране и основы электроники. М.: “Радио и связь”, 1986.-272 с.
8. Чудинов В.Н. Связь пожарной охраны. – М.: 1989.- 285 с.
9. Шаровар Ф.И. Автоматизированные системы управления и связь в пожарной охране.-М.: Радио и связь,1989.- 296 с.

ЗМІСТ

<u>Вступ</u>	3
<u>1 Зв'язок у підрозділах МНС України</u>	5
<u>1.1 Призначення і задачі зв'язку у підрозділах МНС України</u>	5
<u>1.2 Види і засоби зв'язку в МНС України</u>	8
<u>1.3 Організація зв'язку в МНС України</u>	9
<u>1.3.1 Організація зв'язку сповіщення</u>	11
<u>1.3.2 Організація оперативно-диспетчерського зв'язку</u>	12
<u>1.3.3 Організація зв'язку на пожежі</u>	12
<u>1.3.4 Організація адміністративно-управлінського зв'язку</u>	16
<u>1.4 Організація пунктів зв'язку в гарнізоні</u>	17
<u>1.5 Дисципліна і правила ведення зв'язку</u>	21
<u>Контрольні питання</u>	23
<u>2 Інформаційні основи зв'язку</u>	25
<u>2.1 Зв'язок та його характеристики</u>	25
<u>2.2 Сигнал, повідомлення та канал зв'язку</u>	33
<u>2.3 Кількість інформації та перепускна здатність системи зв'язку</u>	44
<u>2.4 Обробка інформації та ентропія повідомлення</u>	47
<u>Контрольні питання</u>	59
<u>3 Основи радіозв'язку</u>	60
<u>3.1 Схема радіозв'язку та її основні елементи</u>	60
<u>3.2 Розповсюдження електромагнітних хвиль у вільному просторі</u>	62
<u>3.3 Антено-фідерні пристрої</u>	68
<u>3.4 Принципи побудови схем радіопередавачів та радіоприймачів</u>	73
<u>3.4.1 Загальні відомості</u>	73
<u>3.5 Радіопередавачі</u>	75
<u>3.5.1 Класифікація радіопередавачів</u>	75
<u>3.5.2 Основні вимоги до радіопередавачів</u>	76
<u>3.5.3 Структурні схеми радіопередавачів</u>	78
<u>3.6 Радіоприймачі</u>	81

<u>3.6.1 Класифікація радіоприймачів</u>	81
<u>3.6.2 Загальна структурна схема радіоприймача</u>	81
<u>3.6.3 Основні показники якості радіоприймачів</u>	88
<u>3.7 Підсилювачі</u>	89
<u>3.7.1 Класифікація та основні показники якості підсилювачів</u>	89
<u>3.7.2 Принципи побудови схем підсилювачів</u>	94
<u>3.7.3 Зворотні зв'язки у підсилювачах</u>	100
<u>3.8 Організація УКХ і КХ-радіозв'язку у підрозділах МНС України і розрахунок її дальності</u>	105
<u>3.9 Будова та принцип роботи радіостанцій підрозділів МНС України</u>	112
<u>3.9.1 Загальні відомості про систему УКХ-радіозв'язку "Віола"</u>	112
<u>3.9.2 Побудова та робота передавача</u>	114
<u>3.9.3 Побудова та робота радіоприймача</u>	116
<u>3.9.4 Будова блока автоматики</u>	117
<u>3.9.5 Абонентські радіостанції "Віола-А"</u>	118
<u>3.9.6 Радіостанція "Віола - Н"</u>	119
<u>3.10 Застосування КХ-радіозв'язку у цивільному захисті</u> ..	123
<u>3.10.1 Радіостанції КХ-діапазону, що знаходяться на озброєнні підрозділів МНС України</u>	124
<u>3.10.2 Перспективні радіостанції КХ-діапазону, що плануються до озброєння підрозділів МНС України</u>	133
<u>3.11 Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів підрозділів МНС України</u>	136
<u>Контрольні питання</u>	141
<u>4 Основи проводового зв'язку</u>	143
<u>4.1 Організація телефонного зв'язку</u>	143
<u>4.2 Основні положення теорії акустики</u>	146
<u>4.3 Основні властивості звуків мовлення</u>	149
<u>4.4 Слухове сприйняття звукових коливань</u>	151
<u>4.5 Електроакустичні перетворювачі</u>	154
<u>4.6 Вугільний мікрофон. Побудова і принцип дії</u>	155
<u>4.7 Електромагнітний телефон</u>	164

4.8 Організація зв'язку “01”	170
4.9 Пристрій автоматичного визначення номера телефонного абонента	179
4.10 Факсимільний зв'язок	180
4.11 Диспетчерський оперативний зв'язок	185
Контрольні питання	191
5 Новітні засоби зв'язку МНС України	193
5.1 Використання систем транкінгового радіозв'язку в МНС України	193
5.1.1 Особливості транкінгових систем радіозв'язку	194
5.1.2 Можливості транкінгових систем радіозв'язку	195
5.2 Транкінгові радіосистеми протоколу MPT 1327	197
5.2.1 Підвищення ефективності системи радіозв'язку підрозділів МНС України при використанні транкінгової системи SmarTrunk II	200
5.2.2 Базове устаткування системи SmarTrunk II	201
5.2.3 Переносне устаткування системи SmarTrunk II	202
5.3 Системи стільникового телефонного зв'язку	203
5.3.1 Загальні відомості про системи стільникового телефонного зв'язку	203
5.3.2 Призначення, склад і принцип дії систем стільникового телефонного зв'язку	206
5.3.3 Особливості роботи систем стільникового телефонного радіозв'язку	208
5.4 Електронна пошта	209
5.4.1 Загальні відомості про електронну пошту	209
5.4.2 Використання електронної пошти в підрозділах МНС України	210
5.5 Комп'ютерні мережі	213
5.5.1 Загальні відомості про комп'ютерні мережі	213
5.5.2 Класифікація комп'ютерних мереж	214
5.5.3 Особливості локальних комп'ютерних мереж	217
Контрольні питання	218
6 Автоматизовані системи управління підрозділами МНС України	220
6.1 Умови створення АСУ	221

<u>6.2 Економічні цілі створення АСУ</u>	222
<u>6.3 Основні принципи побудови і застосування АСУ</u>	223
<u>6.4 Види забезпечення АСУ</u>	228
<u>6.4.1 Правове забезпечення</u>	228
<u>6.4.2 Методичне забезпечення</u>	229
<u>6.4.3 Інформаційне забезпечення</u>	229
<u>6.4.4 Технічне забезпечення</u>	230
<u>6.4.5 Математичне забезпечення АСУ</u>	232
<u>6.4.6 Програмне забезпечення</u>	234
<u>6.4.7 Лінгвістичне забезпечення</u>	236
<u>6.4.8 Ергономічне забезпечення</u>	237
<u>6.5 Аналіз задач оперативного керування гарнізоном МНС України, що вирішуються за допомогою АСУ</u>	238
<u>6.5.1 Керування виїздом оперативних підрозділів МНС України</u>	241
<u>6.5.2 Керування проходженням оперативних підрозділів МНС України до місця надзвичайної події</u> ..	241
<u>6.5.3 Керування бойовою роботою підрозділів МНС України на пожежі, аварії</u>	242
<u>6.6 Задачі АСЗОУ</u>	243
<u>6.7 Принципи побудови АСЗОУ</u>	246
<u>6.8 Функціональна схема АСЗОУ</u>	247
<u>6.9 Структурна схема АСЗОУ</u>	248
<u>Контрольні питання</u>	250
<u>7 Основи експлуатації і технічного обслуговування засобів зв'язку і управління в МНС України</u>	251
<u>7.1 Загальні відомості про систему експлуатації</u>	251
<u>7.2 Показники надійності засобів зв'язку і управління</u>	253
<u>7.3 Ремонт засобів зв'язку</u>	259
<u>7.3.1 Організація ремонту засобів зв'язку</u>	259
<u>7.3.2 Порядок виконання ремонтних робіт</u>	263
<u>Контрольні питання</u>	266
<u>Література</u>	267

Навчальне видання

Чуб Ігор Андрійович

Пустоваров Володимир Євгенович

Винокуров Геннадій Едуардович

Бортнічук Павло Михайлович

Клименко Любов Анатоліївна

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЗВ'ЯЗОК У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Навчальний посібник
для курсантів, студентів та слухачів,
які навчаються у відомчих вищих навчальних закладах

За загальною редакцією канд. техн. наук Г.В.Щербака

Коректор *К.В. Хорошилова*
Комп'ютерна верстка *М.А Ковревська*
Редактор *Т.О.Філіна*

Підписано до друку 23.12.2005 р. Формат 60x84 1/16.
Папір 80 г/м². Друк ризограф. Ум.друк. арк. 17,0
Тираж 300 прим. Вид.№ 78/05. Зам.№

**Розмножувально-копіювальний сектор
Академії цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевського, 94**