Міністерство внутрішніх справ України
Львівський державний університет внутрішніх справ
Центр післядипломної освіти, дистанційного та заочного навчання

Кафедра інформаційного та аналітичного забезпечення діяльності правоохоронних органів

КЕЙС
заняття на тему
«Цифровий радіозв'язок. Принципи побудови цифрових (транкінгових) мереж радіозв'язку. Пошук джерела радіозавад з використанням мобільного пункту радіо- та радіотехнічного контролю»

Підвищення кваліфікації (короткострокове, 2 дні)
поліцейських – підрозділів інформаційно-аналітичної
підтримки Національної поліції України

Інформація про викладача:
к.т.н., доцент ЗАЧЕК
Олег Ігорович
0962102685

Львів -2022

Тема
«Цифровий радіозв’язок. Принципи побудови цифрових (транкінгових) мереж радіозв’язку. Пошук джерела радіозавад з використанням мобільного пункту радіо- та радіотехнічного контролю»

Годин на тему – 2
Занять – 1 (2 академічні години)

Навчальна мета: надати слухачам знання щодо основних понять цифрового радіозв’язку, принципів побудови цифрових (транкінгових) мереж мереж радіозв’язку, а також щодо пошуку джерела радіозавад з використанням мобільного пункту радіо- та радіотехнічного контролю.

Міжтематичні зв’язки: права людини; корупція: поняття, запобігання та відповідальність; інформаційна безпека у телекомунікаційній мережі НПУ; впровадження сучасних сервісів та технологій при розбудові (модернізації) систем телефонного зв’язку.

План лекції

1. Основні поняття радіозв’язку.
2. Цифровий радіозв’язок. Принципи побудови цифрових (транкінгових) мереж радіозв’язку.
3. Пошук джерела радіозавад з використанням мобільного пункту радіо- та радіотехнічного контролю.

1. Основні поняття радіозв’язку

Під **радіозв'язком** розуміємо обмін інформацією на відстані за допомогою радіохвиль.

Використання радіохвиль має такі важливі переваги під час передавання інформації порівняно з іншими видами зв’язку (наприклад, із провідним зв’язком):

Переваги радіозв’язку:

Радіофіковані підрозділи характеризуються такими позитивними особливостями:

- висока мобільність;
- швидкість встановлення зв’язку;
- можливість підтримання зв’язку з кореспондентами, місце розташування та віддаленість яких невідомі;
- висока швидкість передавання інформації;
- велика відстань передачі сигналів;
- широкий спектр смуги пропускання сигналів;

- можливість одночасного передавання інформації практично необмеженій кількості кореспондентів;
- велика пропускна здатність каналу зв'язку.

Недоліки радіозв'язку:

Застосування радіозв'язку у практичній діяльності поліції пов'язане також з рядом труднощів, основні з яких:

- відкритість каналу зв'язку для доступа до інформації сторонніх осіб;
- низька надійність, яка пов'язана з впливом завад на канал зв'язку (промислові шуми, атмосферні явища тощо);
- залежність якості зв'язку від стану атмосфери, пори року та часу доби (особливо на ДХ, СХ та КХ);
- залежність якості зв'язку від умисних або неумисних завад (атмосферних, промислових, побутових та ін.);
- можливість визначення координат кореспондента.

Застосування радіозв'язку в діяльності поліції надає можливості:

- здійснювати єдине, централізоване керування всіма наявними силами та засобами органів та підрозділів поліції;
- за мінімальний проміжок часу концентрувати в потрібному місці необхідну кількість оперативних сил та засобів для виконання поставлених завдань;
- привести у відповідність місце виконання, час і кількість оперативних сил та технічних засобів для забезпечення виконання поставленого завдання.

Фізична сутність здійснення радіозв'язку

Обмін інформацією відправника та одержувача (абонента) за допомогою радіо здійснюється по лінії зв'язку, якою служить поле електромагнітних хвиль.

Радіохвиля становить собою сукупність взаємозв'язаних електричних і магнітних коливань, що розповсюджуються в просторі. Ці хвилі створюються антеною передавача в пункті відправника і сприймаються антеною в пункті одержувача.

Антена, що передає, здатна випромінювати (одержувати) в навколишній простір електромагнітні хвилі, створені тільки коливаннями високої частоти.

Електромагнітні хвилі можуть розповсюджуватися на дуже великі відстані (мільйони кілометрів), тому ними користуються для «переноса» різноманітної інформації.

З огляду на те, що електромагнітна хвиля виконує функцію перенесення інформації, то її часто називають **несучою хвилею (несучою частотою).**

Характеристики радіохвиль

Інтервал часу, за який відбувається одне повне коливання струму, називається періодом Т**.**

Замість періоду частіше використовують зворотну величину, яка називається частотою і вимірюється в Герцах (Гц).

$$f = \frac{1}{T} \qquad (1)$$

Так як частота коливання хвилі дорівнює частоті коливань струму в антені, то за час, рівний одному періоду струму в антені, електромагнітні хвилі пройдуть шлях, що називається **довжиною хвилі** і розраховується за наступною формулою.

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} \qquad (2)$$

де: λ - довжина хвилі, м;

c - швидкість світла, м/с;

T - період змінного струму, сек.;

f - частота коливань змінного струму, Гц.

Спектр частот електромагнітних коливань знаходиться в межах від 3×10^{-3} до 3×10^{15} Гц, що відповідає довжинам хвиль від 10^{11} до 10^{-7} м. Ці межі носять орієнтовний характер, оскільки в процесі мірі розвитку науки і техніки вони постійно розширюються. Спектр частот електромагнітних коливань сьогодні прийнято класифікувати по діапазонам радіохвиль (табл.1).

Таблиця 1. Діапазони радіохвиль

Верхня межа		Діапазони хвиль	Нижня межа	
Гц	м		Гц	м
3×10^{4}=30 кГц	10^{4}	дуже довгі(ДДХ)	3×10^{3}=3 кГц	10^{5}
3×10^{5}=300 кГц	10^{3}	довгі (ДХ)	3×10^{4}=30 кГц	10^{4}
3×10^{6}=3 МГц	10^{2}	середні (СХ)	3×10^{5}=300 кГц	10^{3}
3×10^{7}=30 Мгц	10	короткі (КХ)	3×10^{6}=3 МГц	10^{2}
ультракороткі хвилі (укх)				
3×10^{8}=300 МГц	1	метрові (МХ)	3×10^{7}=30 МГц	10
3×10^{9}=3 ГГц	10^{-1}	дециметрові (ДМХ)	3×10^{8}=300 МГц	1
$3\times10^{10=}$30 ГГц	10^{-2}	сантиметрові	3×10^{9}=3 ГГц	10^{-1}
3×10^{11}=300 ГГц	10^{-3}	міліметрові	$3\times10^{10=}$30 ГГц	10^{-2}
оптичні				
4×10^{14}	$7{,}5*10^{-7}$	інфрачервоні (ІЧЕР)	3×10^{11}=300 ГГц	10^{-3}
$7{,}5\times10^{14}$	$4*10^{-7}$	видиме світло	4×10^{14}=400 ТГц	$7{,}5\times10^{-7}$ (0,75 мкм)
3×10^{15}=300 ТГц	10^{-7}	ультрафіолетові	$7{,}5\times10^{14}$=750 ТГц	4×10^{-7} (0,4 мкм)

Радіохвилі – один із видів електромагнітних хвиль, що зустрічаються в природі. Інфрачервоні промені, світло, ультрафіолетові промені, рентгенівські промені, гама-промені – це електромагнітні хвилі різноманітної довжини і проявляють вони себе по-різному.

Радіохвилі проявляють себе у вигляді електричних та магнітних явищ, інфрачервоні хвилі нагрівають тіла, оптичні хвилі освітлюють предмети. Радіохвилі випромінюються провідниками, коли по них проходить змінний струм високої частоти, а світлові хвилі випромінюються атомами речовини при зміні стану електронів.

Як уже відзначалося, для генерування радіохвиль у просторі, необхідно живити антену, що передає сигнали, змінним струмом високої частоти. Для створення змінного струму високої частоти в радіотехніці використовують коливальний контур.

Антени

Антена є необхідною складовою частиною кожної радіостанції. Вони під'єднуються за допомогою фідера (коаксіального екранованого кабелю) до вхідної або вихідної частини приймача та передавача.

По коаксіальному кабелю здійснюється передавання високочастотної енергії в антену, де енергія високочастотних коливань перетворюється в енергію електромагнітних хвиль і випромінюється у відкрите середовище. При прийомі, навпаки, антена забезпечує перетворення енергії електромагнітних хвиль в енергію високочастотних електричних коливань, які поступають на вхідну схему передавача.

Отже **один й той самий антенний пристрій використовується одночасно для приймання та передавання інформації.**

Антени за своєю конструкцією повинні відповідати наступним вимогам:

- мінімальні габарити при задовільній потужності випромінення;
- мінімальна вага (показник дуже важливий для антен переносних радіостанцій;
- мінімальна вартість антенних систем;
- безпека при експлуатації.

За напрямками випромінення радіохвиль антени поділяються на направлені та ненаправлені. В залежності від поставлених перед системою зв'язку завдань застосовують різні антени. Ненаправлені антени мають кругову діаграму випромінення, тобто випромінюють радіохвилі в усіх напрямках однаково. Тому такі антени доцільно встановлювати при обслуговуванні великої кількості кореспондентів, розташованих в різних напрямках від місця розташування радіостанції (при організації радіомереж). Вузьконаправлені антени концентрують потужність випромінення (або сигнал, що приймаємо) в обмеженому просторі. Направлені антени, завдяки концентрації енергії в одному напрямку, дозволяють значно (в декілька десятків а то й тисяч разів) збільшити дальність зв'язку. Але такі антени приймають (передають) сигнали тільки в певному напрямку. В **УКХ** радіостанціях для забезпечення

пересувного зв’язку доцільним є використання антен вертикальної поляризації з круговою напрямленістю в горизонтальній площині. Такою антеною може бути будь-який вертикально встановлений електричний дріт. Потужність випромінювання (приймання) буде залежати від співвідношення довжини несучої хвилі та довжини дроту. Максимум потужності випромінення досягається при довжині антени, близькій до половини довжини хвилі. Кругова направленість антен дуже зручна при організації зв’язку з мобільними об’єктами, особливо тоді, коли завчасно невідоме місце розташування кореспондента. В радіостанціях використовують різні типи антен (рис. 5): для стаціонарних радіостанцій характерне використання трубчастих конструкцій (кошикова, циліндрична), для пересувних - штирьові, для переносних - штирьові типу «антени Кулікова» (металеві котушки, одягнені на сталевий трос, що дозволяє швидко її розгортати).

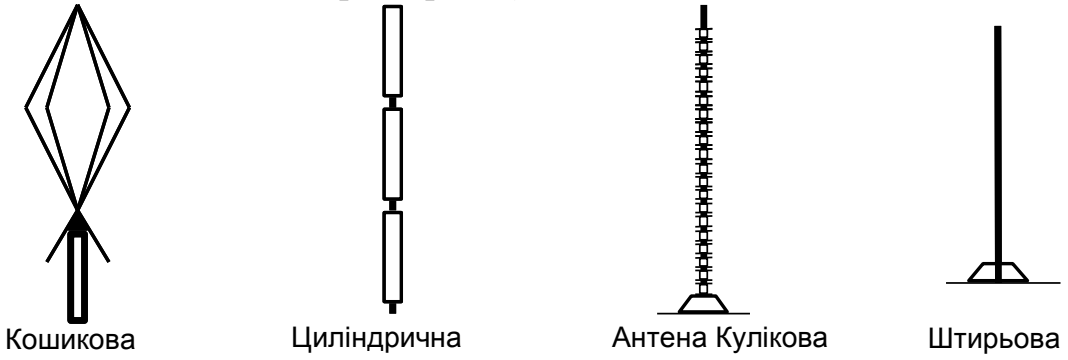

Рис. 1. Типи ультракороткохвильових антен

Рис. 2. Конструкція збірної штирьової антени

Однією з найбільш поширених конструкцій є штирьова антена (рис. 6). Вона виконується у вигляді збірної металевої конструкції зі сталевих або дюралюмінієвих трубок.

Найчастіше такі антени застосовують для встановлення на транспортних засобах (автомобілі, катери, мотоцикли).

В циліндричних антенах (рис. 7) випромінююча частина виконана у вигляді металевих стаканів, які приварені до металевої труби і утворюють коаксіальну структуру.

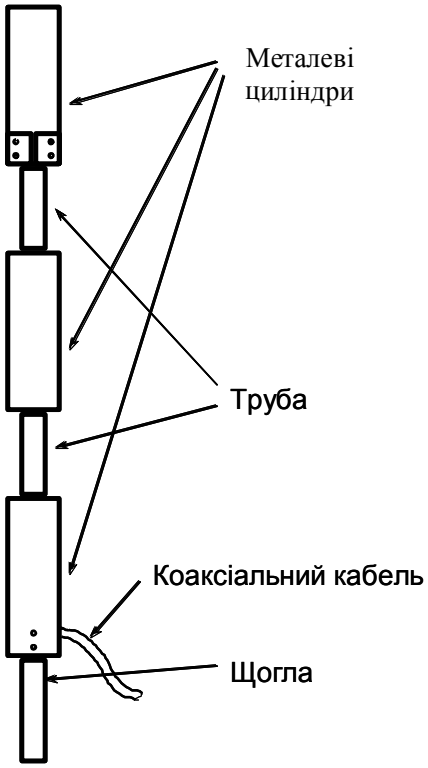

Рис. 3. Конструкція ненаправленої циліндричної антени з круговою діаграмою направленості

Принцип радіопередачі і радіоприймання

Для здійснення двостороннього радіозв'язку між двома пунктами на кожному із них повинна знаходитись радіостанція, що складається із приладів, призначених для передавання та приймання інформації. В радіостанціях малої потужності передавач і приймач розташовуються разом. У них є одна спільна антена. При передачі вона підключається до передавача, а при прийомі - до приймача (рис. 4).

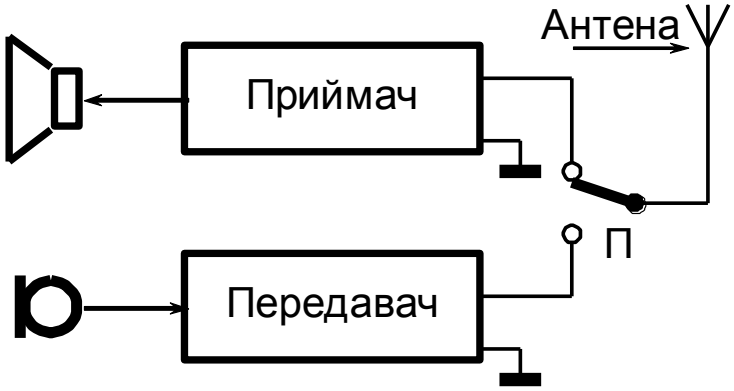

Рис. 4. Блок-схема радіостанції

Передавач призначений для генерування струмів високої частоти. Антена служить для випромінення радіохвиль у простір при передачі чи для отримання енергії радіохвиль із простору при прийомі. В передавачі передбачено управління коливаннями струмів високої частоти як при передачі радіограм (радіотелеграфна передача), так і при передачі вербальної інформації (телефонна передача). Для радіотелеграфної передачі використовується телеграфний ключ. При замиканні ключа відбувається випромінення електромагнітних коливань антеною. При розмиканні ключа електромагнітні коливання не випромінюються. Процес управління коливаннями високої частоти передавача за допомогою телеграфного ключа називається маніпуляцією. Короткочасне натискання ключа умовно сприймається у вигляді крапки, довготривале - у вигляді тире.

Передача розмови здійснюється за допомогою мікрофону. При передачі за допомогою мікрофона змінний струм високої частоти поступає в антену безупинно, при цьому величина струму, його частота змінюються у відповідності до звукових коливань, що діють на мікрофон. Така зміна характеру коливань струму високої частоти називається модуляцією.

Модуляція (***Modulation***) - процес кодування інформації, що передається шляхом зміни якого-небудь параметра періодичних коливань (амплітуди, частоти, фази). Найбільш розповсюдженими типами модуляції є: частотна (ЧМ), фазова (ФМ) та амплітудна (АМ) модуляція.

Приймач служить для виділення, підсилення і перетворення енергії, що приводить в дію кінцевий прилад (телефон, гучномовець).

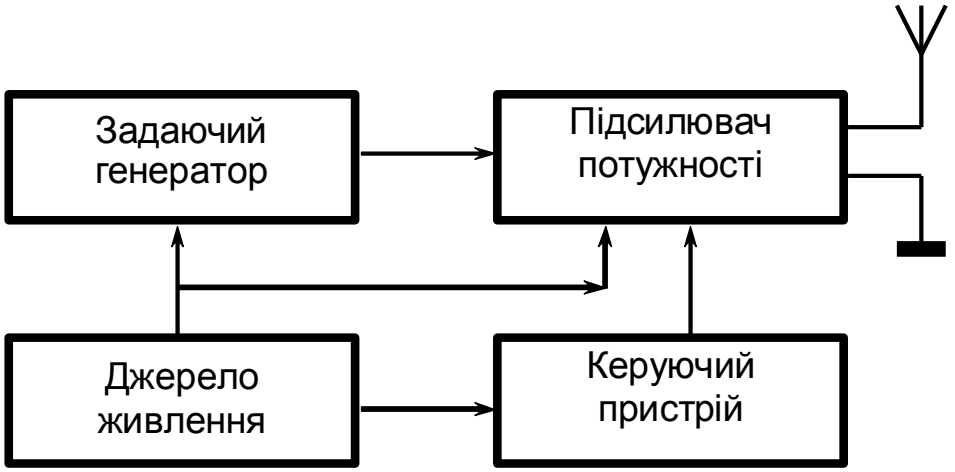

Рис. 5. Блок - схема передавача.

Передавач виробляє струми високої частоти для живлення антени. За допомогою антени в навколишньому просторі генеруються радіохвилі. На шляху свого розповсюдження радіохвилі перетинають прийомну антену і наводять в ній ЕРС. Ця ЕРС створює в антені приймача струм, що змінюється аналогічно до зміни струму в антені передавача. Тобто, одночасно працює багато станцій, що передають і радіохвилі кожної наводять в прийомній антені ЕРС свої частоти, з яких необхідно виділити лише сигнали конкретної передавальної станції.

Виділена ЕРС має невелике значення (мільйонні частки вольта). Практично використати таку ЕРС для розшифровки інформації не можна. Тому в приймачі підсилюється прийнятий сигнал. Прийняті та підсилені коливання високої частоти перетворюються в форму, зручну для сприймання інформації - в коливання звукової частоти з модульованих коливань високої частоти (рис. 6). Цей процес називається детектуванням. Виділені струми звукової частоти мають таку ж, як і у мікрофонних струмів форму, тобто вони повністю відповідають звукам мови чи музики, що діють на мікрофон при передачі. Ці струми підсилюються і поступають на кінцеві (виконуючі) прилади (телефони, гучномовці).

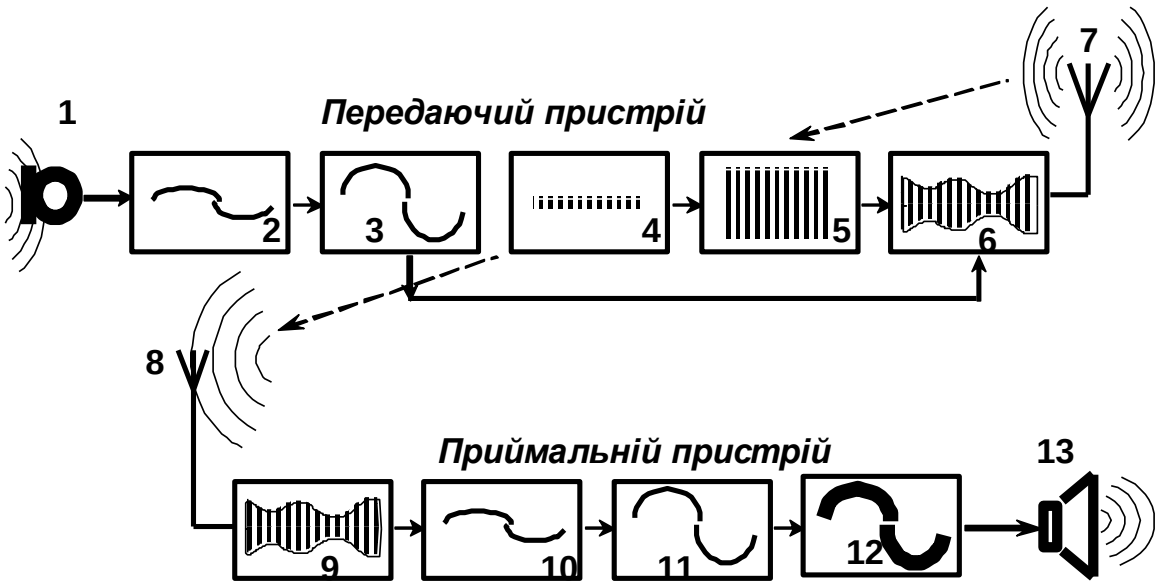

Рис. 6. Структурна схема лінії радіозв'язку: 1. звукові хвилі; 2. перетворення мікрофоном звукових хвиль в електричні коливання звукової частоти; 3. підсилення електричних коливань звукової частоти; 4. генерування коливань звукової частоти; 5. підсилення коливань високої частоти; 6. накладення (модулювання) коливань звукової частоти на коливання високої частоти; 7. випромінення модульованих високочастотних коливань антеною; 8. приймання високочастотних модульованих коливань; 9. підсилення прийнятих коливань; 10. відокремлення (детектування) коливань звукової частоти від високочастотних коливань; 11. підсилення коливань звукової частоти; 12. підсилення коливань звукової частоти по потужності; 13. перетворення електричних коливань звукової частоти гучномовцем в звук.

Принципи розповсюдження радіохвиль

Радіохвилі, що випромінюються антеною, розповсюджуються наступним чином:

- паралельно до земної поверхні;
- під кутом до обрію.

Перші хвилі називаються поверхневими, другі - просторовими.

Характер розповсюдження радіохвиль залежить від:

1. довжини хвилі;
2. кривини Землі;
3. грунту;
4. складу атмосфери;
5. часу доби і року;
6. стану іоносфери;
7. магнітного поля Землі;
8. метеорологічних умов.

Розглянемо будову атмосфери (рис. 7), яка має великий вплив на розповсюдження радіохвиль.

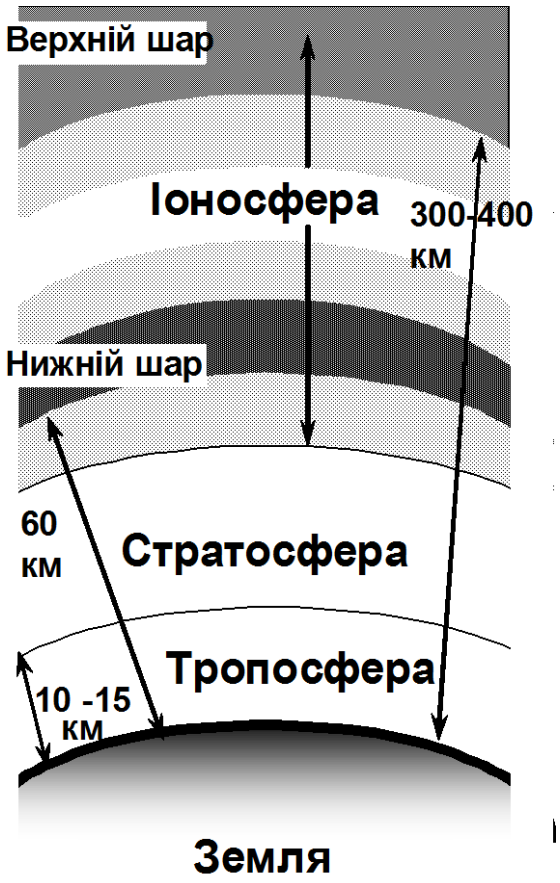

Рис. 7. Структура атмосфери Землі.

Повітря, що оточує земну поверхню, утворює атмосферу, висота якої складає 300 – 400 км. Склад земної атмосфери неоднорідний. На висоті 100-130 км шари атмосфери за своїм складом однорідні. В цих шарах є повітря, що містить 78% азоту, 21% кисню. Нижній шар атмосфери товщиною 10-15 км називається **тропосферою**. В цьому шарі є водяні пари, кількість яких різко змінюється із зміною метеорологічних умов. Тропосфера переходить у **стратосферу**. Межею тропосфери вважається висота, на якій припиняється зниження температури.

Верхній шар атмосфери називається іоносферою. Іоносфера (іонізоване повітря) суттєво впливає на розповсюдження радіохвиль.

На висотах від 60 км і вище над Землею під впливом сонячних і космічних променів в атмосфері відбувається іонізація повітря: частина атомів розпадається на вільні електрони та іони. В верхніх шарах іонізація незначна, оскільки газ дуже розріджений. По мірі того, як сонячні промені проникають в більш щільні шари атмосфери, ступінь іонізації збільшується.

З наближенням до Землі енергія сонячних променів спадає і ступінь іонізації знову зменшується. Крім цього, в нижніх шарах атмосфери, внаслідок великої концентрації від'ємні заряди довго існувати не можуть; відбувається процес відновлення нейтральних молекул.

Іонізовані шари атмосфери мають різний ступінь іонізації, тому по різному впливають на відбивання хвиль.

Залежно від рівня іонізації розрізняють шари ***D, E, F1, F2*** (рис.8). Шар ***D*** існує тільки вдень. Зникнення його вночі пояснюється відсутністю впливу сонячних променів, внаслідок чого електрони та іони знову з'єднуються, утворюючи нейтральні атоми і молекули.

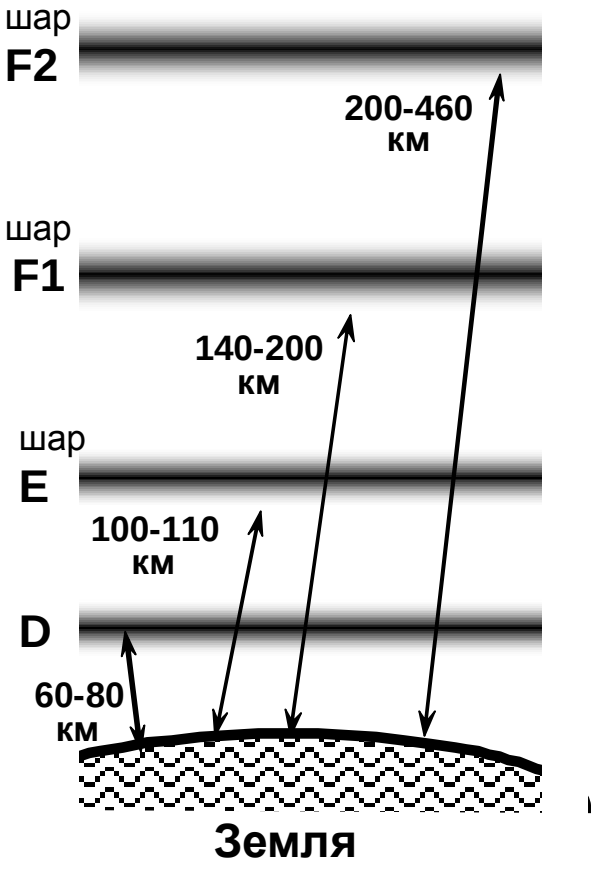

Рис. 8. Розташування шарів атмосфери.

В шарах ***E*** і ***F2*** рівень іонізації дуже високий і в нічний час не всі іони та електрони встигають з'єднатися, тому ці шари залишаються, тільки зменшуються по товщині.

Зміна рівня іонізації шарів атмосфери спостерігається і за порами року року. Зимою ступінь іонізації обох шарів буде менший, ніж літом. Збільшення рівня іонізації спостерігається в роки повторення максимумів активності

сонячної діяльності, тобто, через кожні 11 років. В цей період значно збільшується інтенсивність ультрафіолетового випромінення.

Різкі зменшення рівня іонізації шарів атмосфери бувають під час магнітних збурень, що відбуваються в атмосфері.

Розповсюдження поверхневих хвиль не залежить від зміни дня і ночі, пір року, тому зв'язок поверхневими хвилями сталий у будь-який час доби і не залежить від пори року. Інколи радіозв'язок одночасно здійснюється поверхневими і просторовими хвилями. На жаль, однак накладання цих хвиль може викликати "завмирання" сигналу, що приймається.

Довгі хвилі (ДХ) в основному розповсюджуються поверхневою хвилею. За рахунок явища дифракції хвилі цього діапазону легко огинають кривизну земної кулі. Довгі хвилі відчутно згасають в шарі ***D*** (у них мала енергія). Чим більша провідність грунту і довша хвиля, тим менші втрати електромагнітної енергії. Зазнаючи великого заломлення в іоносфері, довгі хвилі можуть, багаторазово відбиватися від нижніх шарів (від шару ***D*** - вдень, від шару ***E*** - вночі) і від землі, розповсюджуючись на дуже великі відстані.

В значній мірі поглинають електромагнітну енергію піщані сухі грунти і гірські породи, і в дуже малій - поверхня морської води. Вдень через шар ***D*** поглинання електромагнітної енергії стає більшим. Вночі через відсутність шару ***D***, якість прийому радіохвиль зростає. Проходження довгих хвиль вночі краще, ніж вдень. Для зв'язку на великі відстані необхідно мати передавачі великої потужності, а також розміри антен, що співрозмірні з довжиною хвилі.

Середні хвилі (СХ) можуть розповсюджуватися поверхневими і просторовими хвилями. Проте, дальність зв'язку поверхневою хвилею у них менша, оскільки енергія у **СХ** більша, ніж у **ДХ**, і тому вони поглинаються грунтом більше.

Середні хвилі проникають глибше в іоносферу і відбиваються від високих шарів. Від шару ***D*** і від нижньої частини шару ***E*** вони не відбиваються, а проникають крізь них, при цьому частково поглинаються.

В діапазоні **СХ** різко визначена залежність дальності зв'язку від часу доби. В денні години середні хвилі настільки сильно поглинаються при проходженні іоносфери, що просторовий промінь практично відсутній. В нічний час шар ***D*** і нижня частина шару ***E*** щезають, тому поглинання середніх хвиль зменшується і просторові хвилі починають відігравати головну роль. Важливою особливістю середніх хвиль є те, що вдень зв'язок на них підтримується поверхневим променем. Тому вночі на **СХ** краще чутно. В тих випадках, коли в місце прийому приходять одночасно дві хвилі, вони можуть підсилювати або послаблювати одна одну, викликаючи періодичні "завмирання" сигналу.

Короткі хвилі (КХ) можуть розповсюджуватись поверхневою і просторовою хвилею. Поверхневі хвилі **КХ** діапазону інтенсивно поглинаються поверхнею Землі через велику енергію. Це поглинання настільки значне, що зв'язок обмежується відстанню 25-40 км і залежить від потужності та частоти передавача, властивостей грунту, рельєфу місцевості, направленості антени.

Чим вища робоча частота передавача, тим більша інтенсивність поглинання електромагнітної енергії. Чим вища електропровідність Землі, тим більша частина випромінюваної енергії відбивається від Землі і менша частина поглинається грунтом. В зв'язку з цим поверхневі хвилі **КХ** діапазону розповсюджуються над вологими грунтами і над морями та океанами з солоною водою на більші відстані, ніж над сухим грунтом і прісноводними водосховищами та озерами.

При встановленні зв'язку на великі відстані важливу роль відіграють іоносферні шари, що відбивають хвилі цього діапазону. Відбивання радіохвиль від іоносфери і дальність зв'язку залежать від кута падіння радіохвилі на іоносферні шари і частоти передавача.

На певній висоті, в різний час доби і пори року радіохвилі не відбиваються від іоносфери, а проходять крізь неї і прямують в космічний простір. Тому оптимальні робочі частоти в діапазоні **КХ** для зв'язку на дальні відстані вибираються на основі короткострокових і довгострокових прогнозів, що виконуються спеціальною службою на іоносферних станціях з урахуванням стану іоносфери, сонячної активності, стану земного магнетизму.

Ультракороткі хвилі (УКХ) не можуть відбиватися іоносферою (мають велику енергію і тому проходять всі шари атмосфери) і розповсюджуються лише поверхневою хвилею. Дальність зв'язку на **УКХ** при порівняно невеликій потужності передавача визначається відстанню прямої видимості між передаючою та приймаючою антенами і визначається за формулою:

$$R = 3{,}6(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \qquad (3)$$

де: R - відстань в км;

h_1, h_2 - висоти приймальної і передаючої антен.

Очевидно, що для збільшення дальності зв'язку, слід збільшувати висоту антен.

Практично хвилі **УКХ**, завдячуючи явищам дифракції (огинання радіохвилями перешкод) і рефракції (викривлення шляхів радіохвиль в різноманітних шарах атмосфери) розповсюджуються на відстані, що перевищують пряму видимість. Порівняно недавно було відкрито явище наддалекого розповсюдження **УКХ**.

Радіозв’язок на **УКХ** відрізняється низьким рівнем атмосферних і індустріальних завад, дозволяє випромінювати енергію вузьким скерованим пучком. Всі ці привілеї діапазону **УКХ** роблять його незамінним при військовому радіозв'язку і для забезпечення радіозв'язку в поліції.

Таким чином, розповсюдження радіохвиль носить складний характер і залежить від електричних характеристик атмосфери і поверхні землі, а також від рельєфу місцевості.

Особливості поширення ультракоротких хвиль в навколишньому середовищі

В результаті проведення глибоких досліджень вченими встановлено, що, в залежності від діапазону, радіохвилі мають різні властивості при поширенні в навколишньому середовищі. Розглянемо властивості радіохвиль ультракороткохвильового діапазону. Адже саме у цьому діапазоні працюють радіостанції підрозділів поліції. Ультракороткі хвилі поширюються в навколишньому середовищі прямолінійно над поверхнею землі, тому значний вплив на їх поширення чинять: гори, пагорби, озера, ліси, будівлі, високовольтні лінії електропередач, тролейбусні та трамвайні лінії, електропідстанції, статичне обладнання підприємств.

Дальність зв'язку між радіостанціями можна умовно поділити на 2 зони: 1 – зона впевненого прийому, 2 – зона невпевненого прийому. В зоні впевненого прийому сигнал радіостанції має велику потужність і здатний десятки разів відбиватися від перешкод й надходити в точку прийому, тому вище перераховані фактори мало впливають на якість зв'язку. В зоні невпевненого прийому сигнал значно слабший й нездатний багаторазово відбиватися, в цьому випадку перешкоди значно погіршують якість зв'язку, або приводять до його відсутності.

Якщо під час несення служби ви потрапили в таку ситуацію, перш за все: зорієнтуватись на місцевості, визначте в якому напрямку від час знаходиться головна радіостанція радіомережі. Визначивши напрямок подивіться чи є в напрямку головної радіостанції на відстані 100 – 150 метрів перед вами високі цегляні, залізобетоні, металеві конструкції. При їх наявності вийдіть із-за них або відійдіть від них у протилежному до головної радіостанції напрямку. Якщо при втраті зв'язку ви знаходитесь в низині, яру, котловані – вийдіть з них на підвищення. Якщо втрата зв'язку сталася при внутрішньому огляді об'єкту – підійдіть до вікна, яке знаходиться в напрямку головної радіостанції, вийдіть на балкон або з будинку. Виходячи з реальних умов виберіть найбільш прийнятну в даній ситуації дію. Простих цих заходів достатньо для того, щоб зв'язок відновився.

Види радіозв'язку та їх характеристики

Використовуються шість видів радіозв'язку:

1. телеграфний;
2. радіотелефонний;
3. телебачення;
4. фототелеграфний;
5. радіоуправління;
6. комп'ютерний зв'язок.

Телеграфний радіозв'язок – передавання текстової інформації за допомогою спеціальних знаків (азбука Морзе) та телеграфного ключа або букводрукувального апарата.

Радіотелефонний зв'язок – передавання інформації здійснюється голосом за допомогою радіостанцій.

Телебачення – передавання рухомого, динамічного зображення на відстань.

Фототелеграфія – передавання по радіозв'язку нерухомих, статичних зображень відразу на папір (передавання карт, схем, фотороботів, фотографій, малюнків).

Радіоуправління – дистанційне управління електронними, механічними та іншими об'єктами за допомогою радіохвиль.

Комп'ютерний радіозв'язок – двосторонній обмін інформацією між комп'ютерами. Дозволяє забезпечити всі вищезазначені види зв'язку, а також передавати комп'ютерні дані. Є сучасним видом зв'язку і витісняє всі інші.

Призначення радіозв'язку

Радіозв'язок може бути оперативним і службовим.

Використання радіостанцій для проведення особистих розмов та не пов'язаних з службовою діяльністю, а також передавання службової інформації відкритим текстом категорично заборонено.

Оперативний зв'язок включає передавання та прийом радіограм, коротких повідомлень, сигналів, команд та проведення радіопереговорів посадовими особами.

Службовий зв'язок – виконується між радіотелефоністами з метою встановлення радіозв'язку, регулювання радіоканалів, з'ясовування різних питань, пов'язаних з походженням інформації (повідомлень).

Характер радіообміну

На сьогоднішній день всі системи радіозв'язку використовують два основні режими обміну інформацією (рис. 9): дуплексний та симплексний.

Дуплексний режим - передбачає можливість одночасної передачі і прийому інформації без маніпуляції органами управління засобу звязку.

Симплексний режим - передбачає можливість почергової передачі та прийому інформації, змінюючи органами управління режим роботи засобу зв'язку (передача – прийом).

При дуплексному режимі радіообміну в каналі зв'язку використовується дві несучих частоти, а при симплексному - канал зв'язку з однією несучою частотою.

а) б)

Рис 9. Режими роботи системи радіозв'язку по обміну інформацією: а – дуплексний; б – симплексний

В деяких радіостанціях при програмуванні параметрів можливе встановлення напівдуплексного режиму (функції "одинокий працівник").

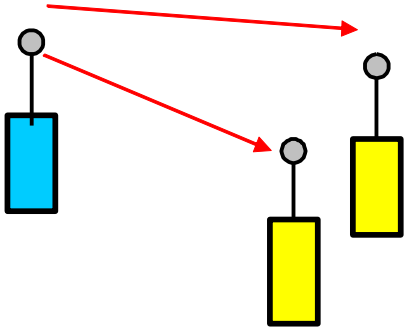

Рис. 10. Напівдуплексний режим роботи радіостанції (функція "одинокий працівник")

Суть такої функції полягає в тому, що у випадку, коли співробітнику поліції доводиться виконувати свої службові обов'язки в небезпечній обстановці, на значному віддаленні від основної групи колег або при виникненні загрози з боку злочинців, на радіостанції натискається кнопка функції "одинокий працівник", що переводить радіостанцію в ***напівдуплексний*** режим радіопередачі (рис. 10). При цьому вказана радіостанція автоматично переходить в режим постійної передачі інформації про обстановку навколо неї. Всі інші радіостанції здатні тільки приймати радіоінформацію від радіостанції з активованою функцією "одинокий працівник".

Повернення до звичайного симплексного режиму роботи здійснюється повторним натисканням на кнопку "одинокий працівник".

Способи організації радіозв'язку

Радіозв'язок в залежності від обставин і потреб, може здійснюватись через радіонапрямок або радіомережу.

Радіонапрямок – це спосіб організації радіозв'язку між двома кореспондентами. Він передбачає роботу на одній частоті (одному каналі) лише двох радіостанцій, які здійснюють обмін інформацією тільки між собою, що забезпечує велику пропускну спроможність каналу зв'язку, але об'єднує малу кількість користувачів.

Радіомережа – це спосіб організації радіозв'язку між трьома і більше кореспондентами. Він передбачає роботу на одній частоті (каналі) трьох і більше радіостанцій, які здійснюють обмін інформацією, що реалізує можливість передачі інформації одночасно багатьом кореспондентам, але при цьому досягається мала пропускна спроможність каналу зв'язку.

Примітка: кореспондент – це користувач, за яким закріплено радіостанцію та позивний.

У системі зв'язку поліції радіозв'язок організовано шляхом створення таких мереж радіозв'язку:

1***) радіальних*** (рис.11) ***мереж.***

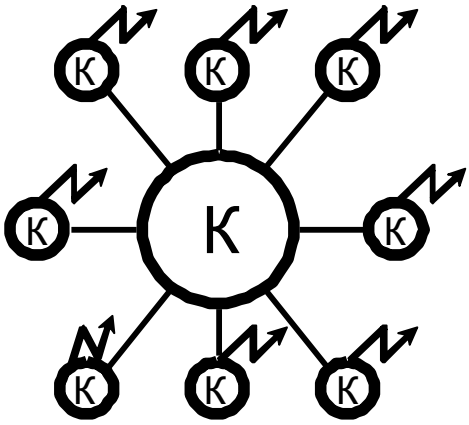

Рис. 11. Схема радіальної мережі зв’язку

2***) Ланцюгових*** (рис. 12) ***мереж*** (послідовний ланцюг взаємопов’язаних ретрансляторів або мережа радіорелейного зв’язку).

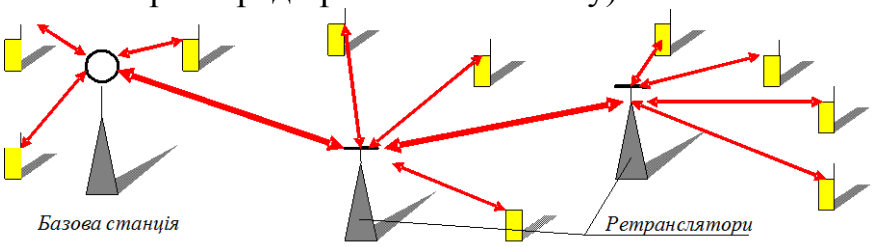

Рис. 12. Схема ланцюгової мережі зв’язку

2. Цифровий радіозв’язок. Принципи побудови цифрових (транкінгових) мереж радіозв’язку

На сьогоднішній день користувачі радіозв’язку вже відходять від використання традиційних аналогових систем двостороннього зв’язку. Деякі починають відчувати перевантаженість ліцензованих каналів. Іншим потрібен більш універсальний спосіб організації зв’язку з абонентами як в середині, так і зовні робочої групи, третім потрібно поряд з передачею мови організувати доступ до даних для того, щоб підвищити швидкість реагування і продуктивність праці персоналу. Саме цифрова система радіозв’язку – це потужна і універсальна платформа, готова вирішити всі завдання зв’язку сучасних організацій. Цифровий зв’язок – це: універсальність функціональних можливостей, гнучке управління викликами, надійний захист інформації, невелика вартість устаткування, більш тривала служба роботи акумуляторів, відкритість для реалізації нових функцій і перевірена на практиці здатність підвищувати ефективність використання частотного ресурсу без ризику перевантаження каналів зв’язку або створення перешкод.

Однією з технічних відмінностей цифрового радіозв’язку від аналогового є застосування інших видів модуляції сигналу.

Модуляція *(modulation)* – змінювання в часі за певним законом параметрів деяких фізичних процесів. Практичне значення модуляції для

радіозв’язку – накладання низькочастотного інформаційного сигналу на високочастотний сигнал-носій для передачі інформації на великі відстані.

Розрізняються три основних види модуляції:

- амплітудна модуляція (АМ);
- кутова модуляція, яка в свою чергу поділяється на два дуже схожих методи: частотну модуляцію (ЧМ) і фазову модуляцію (ФМ);
- імпульсна модуляція.

Різноманітні схеми модуляції можуть суміщати два і більше цих методів, утворюючи більш складні системи зв’язку. Телебачення, наприклад, використовує як АМ, так і ЧМ для різних типів інформації, що передається. Імпульсна модуляція суміщається з амплітудною, утворюючи амплітудноімпульсну модуляцію (АІМ), і т.д. У всіх методах модуляції несучою слугує синусоїдальне коливання кутової частоти.

Зазначені види модуляції забезпечують передачу аналогового сигналу. А реалізація цифрового зв’язку і цифрове діаграмоутворення засновується на нових видах модуляції, таких як фазова маніпуляція та квадратурно-фазова і квадратурно-амплітудна модуляції. При цьому, сигнал, що підлягає таким видам модуляції, повинен мати квадратурне представлення. Представлення синусоїдального коливання як лінійної комбінації синусного і косинусного коливань з нульовою фазою називається квадратурним представленням сигналу.

Сьогодні система зв’язку і автоматизації управління поліції має стійку тенденцію до всебічного розвитку та модернізації, переоснащення новітніми високотехнологічними засобами зв'язку та переходу на сучасні цифрові технології із забезпеченням необхідної якості обслуговування.

До цифрових систем радіозв’язку належить транкінговий радіозв’язок.

Транкінг (trunring) – це метод однакового доступу абонентів до загальної для них групи каналів зв'язку, при якому конкретний канал надається абоненту для кожного сеанса зв'язку наново. Іншими словами, це метод доступу багатьох користувачів до загального канального ресурсу. Тобто **транкінгова система радіозв’язку (ТСР)** – це система яка забезпечує динамічне надання малого числа каналів зв’язку значно більшому числу абонентів, ніж в звичайних традиційних радіосистемах. В такій системі кожному абоненту для обміну інформацією може бути наданий будь-який вільний радіоканал. При цьому абонентська радіостанція "слідкує" (в режимі сканування) за зайнятими радіоканалами і негайно надає вивільнений канал абоненту. Тому в ТСР можливість відмови в обслуговуванні на декілька порядків нижча, ніж в одно- або багатоканальних радіосистемах. Управління системою здійснюється контроллером по керуючому каналу.

Мережі транкінгового зв'язку (МТЗ) до певної міри близькі до стільникових: це також мережі наземного рухливого зв’язку, перш за все – радіотелефонного, забезпечуючи необмежену мобільність абонентів в межах великої зони обслуговування. Основна їх відмінність від стільникових мереж полягає в тому, що МТЗ простіші за принципом побудови і надають абонентам

менший набір послуг, проте за рахунок цього вони дешевші за стільникові. МТЗ мають значно меншу місткість, ніж стільникові, і принципово не можуть стати системами масового мобільного зв'язку. Назва транкінговий зв'язок походить від англійського trunk (стовбур) і відображає ту обставину, що стовбур зв'язку в такій системі містить декілька фізичних (як правило, частотних) каналів, кожний з яких може бути наданий будь-якому з абонентів системи.

Саме цією особливістю МТЗ відрізняються від інших систем двостороннього радіозв'язку, в яких кожний абонент мав можливість доступу лише до одного каналу, проте останній повинен був по черзі обслуговувати ряд абонентів. МТЗ порівняно з такими системами мають набагато більшу пропускну спроможність при тих же самих показниках якості обслуговування.

В найпростішому випадку МТЗ – це одна комірка стільникової системи, проте при дещо специфічному наборі послуг. Стільникова мережа завжди будується у вигляді безлічі комірок, з передачею обслуговування з комірки в комірку в міру переміщення абонента. Крім того, у разі потреби нарощування місткості стільникової мережі комірка додатково дробиться. На відміну від цього в МТЗ прагнуть гранично збільшити зону дії (до 40 – 50 км і більше), що викликає необхідність мати набагато потужніший передавач, а також значно більші за габаритами і масою абонентні термінали (АТ). Основна область застосування МТЗ – корпоративний (службовий, відомчий) оперативний зв'язок, наприклад, зв'язок пожежної служби, поліції з числом виходів (каналів) в місто, набагато меншим, ніж число абонентів системи.

Основні вимоги, що пред'являються абонентами і операторами до професійних МТЗ:

- забезпечення зв'язку в заданій зоні обслуговування незалежно від місцезнаходження рухомих абонентів;
- можливість взаємодії окремих груп абонентів і організації циркулярного зв'язку;
- оперативність управління зв'язком;
- забезпечення зв'язку через центри управління;
- можливість пріоритетного встановлення каналів зв'язку;
- низькі енергетичні витрати радіосигналу;
- конфіденційність розмов.

Для підвищення пропускної здатності МТЗ на тривалість розмови, як правило, накладаються обмеження, а специфіка корпоративного зв'язку проявляється в системі пріоритетів у наданні користувачам каналу зв'язку в умовах черги і в об'єднанні абонентів у групи з можливістю диспетчерського виклику одночасно всіх абонентів групи. Та ж специфіка обумовлює більш високі в середньому вимоги порівняно з стільниковим зв'язком до оперативності і надійності встановлення зв'язку. По МТЗ, крім передачі мови, можлива також передача цифрової інформації для управління, телеметрії, охоронної сигналізації тощо.

За принципом дії розрізняють три типи ТСР:

1) Скануючі.
2) З розподіленим каналом управління.
3) З виділеним каналом управління.

Скануючі ТСР. В таких системах радіостанція у разі виклику сама шукає незайнятий канал і займає його, а в режимі чергування вона безперервно перебирає (сканує) всі канали системи, перевіряючи, чи не викликають її на одному з них. Це, наприклад, американська система Smartrank II. Недоліки ТСР: із зростанням кількості каналів зростає тривалість встановлення з'єднання, оскільки ця тривалість не може бути меншою за тривалість повного циклу сканування; в цих системах важко реалізувати такі вимоги, як багатозонність, гнучка система пріоритетів, постановка на чергу при зайнятості системи або абонента, якого викликають. Область застосування: ТСР доцільно використовувати як невелику (на 1 – 8 каналів, 200 абонентів) однозонову систему зв'язку, до якого пред'являються мінімальні вимоги.

ТСР з розподіленим каналом управління. Такими є поширена в США система LTR, розроблена ще наприкінці 70-х років минулого століття фірмою E.F.Johnson та її сучасна модифікація ESAS, розроблена фірмою UNIDEN. В цих ТСР управляюча інформація передається безперервно по всіх каналах, у тому числі і по зайнятих. Це досягається використанням для її передачі частот, менших 300 Гц. Кожний канал є управляючим для радіостанцій, закріплених за ним. В режимі чергування радіостанція прослуховує свій канал управління, в якому базова станція безперервно передає номер вільного каналу, який радіостанція може використовувати для передачі. Якщо ж на якому-небудь каналі починається передача, яка адресована одній з радіостанцій, то інформація про це передається на її каналі управління, внаслідок чого ця радіостанція перемикається на канал, де відбувається виклик. В системах LTR відбувається блокування всієї решти радіостанцій, для яких він був у цей момент управляючим. Передача інформації на частотах, менших 300 Гц одночасно з мовою робить такі системи дуже критичними до точності регулювання внаслідок чого ТСР з розподіленим каналом управління не отримали широкого розповсюдження.

ТСР з виділеним каналом управління. В таких системах зв’язку радіостанція безперервно прослуховує канал управління найближчої до неї базової станції. У разі надходження виклику базова станція передає інформацію про це по каналу управління, радіостанція, що викликається, підтверджує прийом виклику, після чого виділяє один з розмовних каналів для з'єднання і інформує про це по каналу управління всі радіостанції, що беруть участь у з'єднанні. Після цього ці радіостанції перемикаються на вказаний канал і залишаються на ньому до закінчення з'єднання. В той час, коли канал управління вільний, радіостанції можуть передавати туди свої запити на встановлення з'єднання. ТСР з виділеним каналом управління найбільшою мірою відповідає сучасним вимогам завдяки наступному: легко реалізовуваній багатозоновості (радіостанція вибирає базову станцію з найкращим управляючим каналом); постановці викликів на чергу у випадку зайнятості

системи або абонента, якого викликають, що переводить такі ТСР з класу систем з відмовою при зайнятості в клас систем з очікуванням, і тим самим збільшує пропускну спроможність системи.

Переваги ТСР:

1. можливість побудови гнучких, різних за складністю систем;
2. висока мобільність зв'язку;
3. висока якість і надійність;
4. абсолютна захищеність інформації;
5. велика пропускна спроможність;
6. можливість виходу на міські АТС;
7. наявність керуючого каналу.

Недоліком ТСР є неможливість побудови багатозонової регіональної або національної системи без внесення серйозних змін в структуру ТСР.

Стандарт цифрового транкінгового зв'язку TETRA (TransEuropean Trunked Radio – Трансєвропейське транкінгове радіо) розроблений Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів (European Telecommunication Standards Institute) для заміни існуючих аналогових систем PMR і PAMR в системах радіозв'язку середнього і великого масштабів. Протокол обміну TETRA характеризується високою спектральною ефективністю, яка дозволяє забезпечити чотири логічних з'єднання на одному частотному каналі зв'язку в смузі 25 кГц за рахунок використання технології компресії мовного потоку з високим ступенем ущільнення даних та технології TDMA (часового розділення каналів). Це означає, що потрібна кількість пар радіочастот, у порівнянні із аналоговими транкінговими системами, зменшується в чотири рази, що є надзвичайно актуальним для радіосистем великих підрозділів поліції.

Можливості стандарту TETRA:

1. передача мовної інформації;
2. передача даних в режимі коротких повідомлень SDS;
3. комутація каналів і пакетів зв'язку, що дозволяє здійснити доступ до мережі Інтернет по протоколу IP (IP over TETRA);
4. електронна пошта;
5. гіпертекст;
6. передача телеметричної інформації (показів датчиків);
7. моніторинг мобільних об'єктів AVLS;
8. передача відео зображень.

Протокол обміну TETRA розроблявся із врахуванням інтересів правоохоронних органів та служб безпеки. Тому особлива увага тут зосереджена на безпеці зв'язку, шифруванні інформації, аутентифікації абонентів, захисту від несанкціонованого доступу, високій оперативності зв'язку, виділенні керуючого каналу. Важливою функцією є можливість роботи між кореспондентами поза межами зони дії базових радіостанцій або інших технічних елементів інфраструктури ТСР, тобто в режимі прямого зв'язку (DMO). При цьому радіостанція може знаходитись в режимі «подвійного

спостереження» (Dual Watch) з можливістю одночасного прийому викликів як по транкінговому каналу, так і по каналу DMO.

Проекти стандарту TETRA легко нарощуються із систем із малою кількістю базових станцій у потужну радіосистему відомчого або національного рівня з можливістю співпраці із іншими стандартами - ESM, EPRS та UMTS.

Узагальнена структурна схема однозонової транкінгової системи зв'язку (ТСЗ) наведена на рис. 13. До складу базової станції (БС) цієї системи зв'язку, як видно з цього рисунка, крім радіочастотного обладнання (ретрансляторів, пристрої об'єднання радіосигналів, антени) входять також комутатор, пристрій управління (ПУ) та інтерфейси до різних зовнішніх мереж.

Ретранслятор є набором приймально-передавального обладнання, яке обслуговує одну пару несучих частот, що означає 1, 2 і навіть 4 канали трафіку (КТ).

Антени БС, як правило, мають кругову діаграму спрямованості, причому БС може мати єдину приймально-передавальну антену або роздільні антени для прийому і передачі. Іноді на одній щоглі може розміщуватись декілька приймальних антен для боротьби із завмираннями, викликаними багатопроменевим розповсюдженням хвиль.

Пристрій об'єднання радіосигналів дозволяє використовувати одне і те ж саме антенне обладнання для одночасної роботи приймачів і передавачів на декількох частотних каналах. Рознесення частот прийому і передачі складає від 45 до 3 Мгц.

Комутатор в однозоновій ТСЗ обслуговує весь її трафік, включаючи з'єднання РС з телефонним зв'язком загального користування (ТфЗК) і всі виклики, пов'язані з терміналом передачі даних (ПД).

Пристрій управління забезпечує взаємодію всіх вузлів БС, обробляє виклики, здійснює аутентифікацію абонентів, яких викликають, здійснює ведення черги викликів, вносить записи в базу даних (БД) погодинної оплати.

Інтерфейс до телефонної мережі загального користування реалізується в ТСЗ різними способами: в недорогих системах (наприклад, SmarTrunk) підключення проводиться по двопроводній комутованій лінії, в сучасніших – апаратурою прямого набору номера, що забезпечує доступ до абонентів транкінгової мережі з використанням стандартної нумерації АТС. Ряд систем використовує цифрове імпульсно-кодове (ІКМ)-з'єднання з апаратурою АТС.

Термінал техобслуговування і експлуатації призначений здійснювати контроль за станом системи, проводити діагностику несправностей, тарифікацію, внести зміни в базу даних абонентів.

Диспетчерські пульти використовуються споживачами, які мають диспетчера (поліція, служби охорони, швидка медична допомога, пожежна охорона, транспортні компанії тощо).

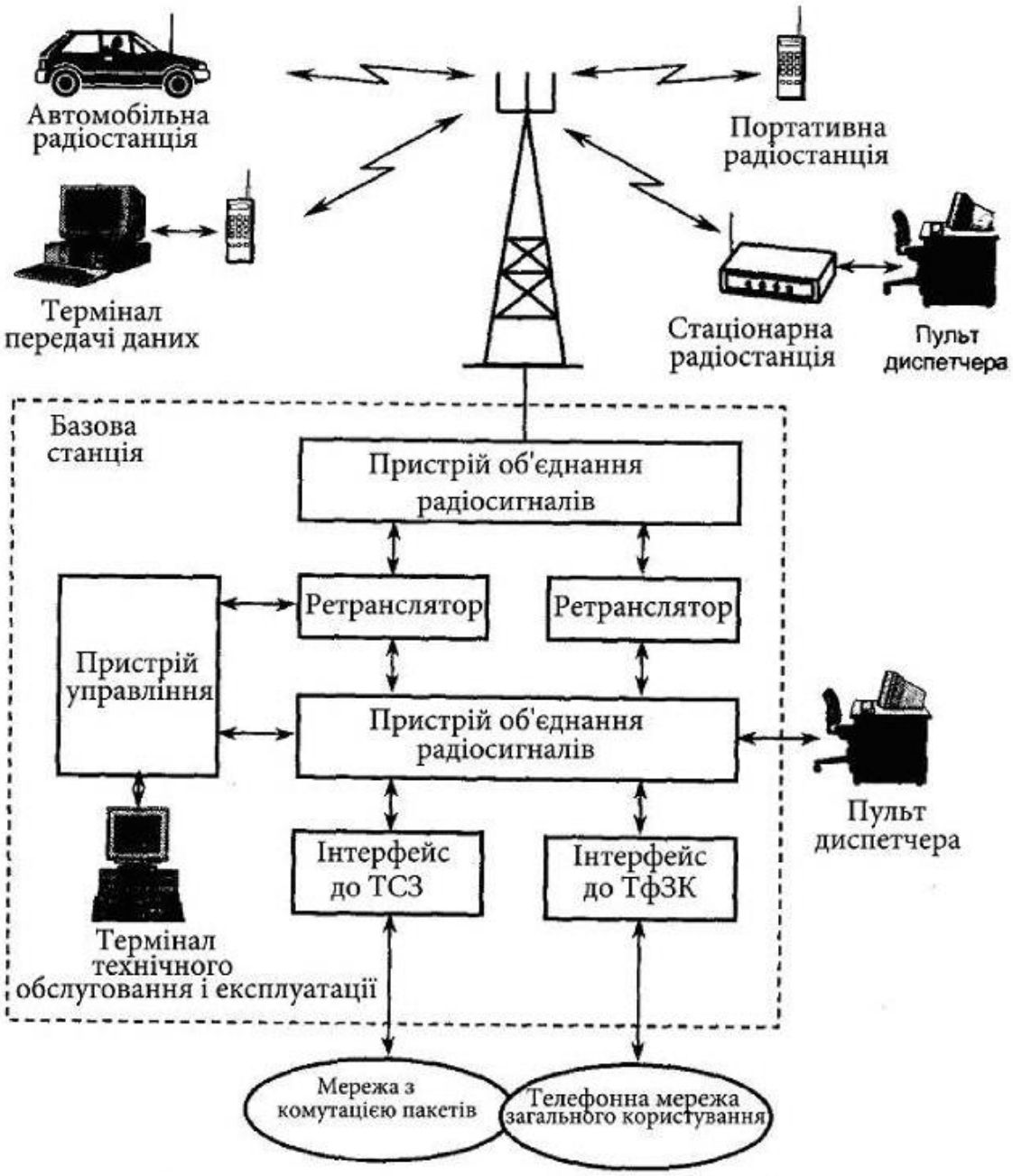

Рис. 13. Структурна схема однозонової транкінгової системи.

3. Пошук джерела радіозавад з використанням мобільного пункту радіо- та радіотехнічного контролю

Електромагнітна завада (**електромагнітна перешкода**) – небажане фізичне явище або вплив електричних, магнітних або електромагнітних полів, електричних струмів або напружень зовнішнього або внутрішнього джерела, яке порушує нормальну роботу технічних засобів або викликає погіршення їх технічних характеристик і параметрів.

Суттєвий внесок у формування електромагнітної обстановки вносять різного роду завади – електромагнітні випромінювання, які

перешкоджають нормальному прийманню та/чи передаванню радіосигналів. Вони бувають штучного та природного походження.

Хоча під час проведення аналізу електромагнітної обстановки потрібно враховувати всі можливі види завад, пошук джерел завад штучного походження має першорядне значення, тому що ці джерела, якщо вони виявлені, завжди можна усунути за допомогою технічних або організаційних заходів, оскільки джерелами завад штучного походження являються пристрої, створені людиною.

За характером впливу завади штучного походження поділяються на ненавмисні та організовані.

У свою чергу, ненавмисні завади за місцем їх походження поділяються на:

- міжсистемні, що діють між радіоелектронними засобами (РЕЗ) різних радіосистем;
- системні, що діють усередині систем, наприклад, в окремих трактах та/чи блоках одного і того ж РЕЗ;
- індустріальні, що зобов'язані своїм походженням електричним та електронним пристроям, які не містять високочастотні тракти.

Міжсистемні завади поділяються на:

- обумовлені основним випромінюванням РЕЗ, призначеним для передачі сигналів, функціонування якого вчиняє шкідливий вплив на даний РЕЗ;
- небажане випромінювання, яке виникає в РЕЗ за межами необхідної смуги частот.

Якщо поява міжсистемних завад пов'язана з випромінюванням, поширенням та прийманням електромагнітних хвиль, то системні завади наводяться всередині РЕЗ найрізноманітнішими шляхами, в тому числі через оточуючий простір за допомогою електромагнітних хвиль.

Системні завади поділяються на:

- паразитні наводки, що обумовлені основним видом електромагнітних коливань в окремих вузлах радіосистеми;
- завади, які виникають під впливом власного випромінювання РЕЗ;
- контактні завади;
- завади, обумовлені перехідними процесами в трактах РЕЗ та самозбудженням їх окремих вузлів.

Паразитні наводки – це електромагнітні коливання, які появляються в будь-яких частинах радіосистеми за рахунок зв'язків по електричних колах з іншими частинами цієї системи і не передбачені ні принципом дії, ні схемою,ні конструкцією.

Завади, обумовлені власним випромінюванням РЕЗ, поступають на вхід радіоприймача і в окремі його пристрої через оточуючий простір. Вони відрізняються від міжсистемних завад більш сильними зв'язками між передавальною антеною та приймачами завад, а від паразитних тим, що шлях

зв'язку, по якому передається ця завада, включає до себе оточуючий простір та приймальну чи передавальну антену.

Контактні завади створюються внаслідок випромінювання струмопровідних контактів при дії на них електромагнітного поля. Найчастіше виникають при дії електромагнітного поля на контакти зі змінним опором радіопередавальних пристроїв, що рухаються в ближній зоні цього поля, їх рівень та характер залежать від потужності та частотного спектра електромагнітного поля. Особливість цих завад – це те, що їх джерелами служать пасивні елементи.

Механізмами утворення контактних завад є:

- нелінійна залежність магнітної індукції від зміни напруженості зовнішнього магнітного поля, яка характерна для матеріалів на основі заліза;
- нелінійні властивості напівпровідникових переходів, утворених оксидованими поверхнями та металевими контактами.

Контактні завади необхідно враховувати особливо при розміщенні РЕЗ на рухомих об'єктах.

Перехідні процеси викликають появу специфічних завад у багатьох колах РЕЗ, що обумовлено дуже широким спектром їх коливань, внаслідок чого росте кількість можливих шляхів передачі окремих складових спектра.

Завади, обумовлені самозбудженням, виникають внаслідок мимовільної генерації електромагнітних коливань електричними колами, які не призначені для цих цілей. Паразитне збудження порушує функціонування радіоелектронних вузлів, в яких воно виникає, і може стати джерелом наводок для інших блоків та пристроїв.

Індустріальні завади – це електромагнітні явища, спектральні складові яких знаходяться в смузі радіочастот, а джерелами є електричні й електронні пристрої різного призначення. Вони поширюються у відкритому просторі і по дротах та погіршують роботу обладнання й каналів передавання радіосистеми.

На поширення хвиль від джерел радіозавад суттєво впливає рельєф земної поверхні, характер рослинності, наявність на шляху поширення сторонніх предметів тощо.

До завад природного походження відносяться електромагнітні завади, джерелами яких являються природні фізичні явища.

Внутрішні шуми – це електромагнітні коливання, виникнення яких обумовлено будовою речовини, фізичною сутністю електричних струмів електронних приладів, якістю та чистотою матеріалів, що застосовуються при виготовленні елементів електронних схем та електронних приладів. Шуми являють собою послідовність дуже коротких імпульсів, що повторюються хаотично й у великій кількості. Джерелами внутрішніх шумів являються всі елементи РЕЗ. Одним із джерел внутрішніх шумів є тепловий рух електронів, а завади, які виникають при цьому, називаються тепловим шумом.

Джерела **неземних шумів**, як випливає з їх назви, знаходяться за межами Землі та її атмосфери.

Радіовипромінювання Сонця – найбільш інтенсивний шум. Розрізняють дві компоненти цього шуму: теплове радіовипромінювання спокійного Сонця та нетеплове спорадичне. Перша компонента – теплове радіовипромінювання іонізованої атмосфери Сонця є джерелом радіохвиль міліметрового, сантиметрового, дециметрового та метрового діапазонів. Воно є основним у періоди мінімуму сонячної активності. Нетеплове спорадичне проявляється шляхом раптового збільшення інтенсивності (сплесків) радіовипромінювання й охоплює практично весь радіочастотний спектр, починаючи від сантиметрових хвиль.

Радіовипромінювання Місяця носять тепловий характер і охоплюють в основному діапазони сантиметрових та міліметрових хвиль.

Космічне радіовипромінювання поділяється на розподілене та радіовипромінювання дискретних джерел. Розподілене радіовипромінювання спостерігається з усіх точок небесної сфери. З дискретних джерел вирізняють джерела теплового радіовипромінювання, найбільш інтенсивними з яких є туманності Омеги та Оріону, та нетеплового радіовипромінювання залишків спалахів понад нових зірок та радіогалактик, які також є потужними ДРВ, і найбільш інтенсивними з яких є радіогалактики Лебідь-А та Діва-А. Наприклад, у метровому діапазоні хвиль радіогалактика Лебідь-А створює майже такий потік енергії, як і Сонце, хоча віддалена від Землі в $3*10^{13}$ рази далі.

Внесок космічного шуму може бути суттєвим у частині шумів, що приймаються антенами РЕЗ, які розміщені в районах із низьким рівнем шумів, наприклад, у високих широтах.

Радіовипромінювання планет Сонячної системи близьке за характером до теплового і займає міліметровий та сантиметровий діапазони.

Атмосферні завади своїм походженням зобов'язані фізичним явищам, які відбуваються в земній атмосфері.

Грозові розряди відбуваються між хмарами та землею під дією статичних високих напруг, які досягають мільйонів вольт, внаслідок чого струм електричного розряду може досягати декількох сотень тисяч ампер і створювати інтенсивні електромагнітні поля.

Статичні розряди виникають при накопиченні електричних зарядів під час метеорологічних опадів та при електризації приймальних антен. Ці завади широкосмугові, залежать від особливостей конструкції приймальної антени та умов її роботи, їх інтенсивність пропорційна силі вітру і найчастіше вони виникають в радіостанціях літальних апаратів.

Радіовипромінювання атмосфери найбільш відчутні в діапазоні метрових та більш коротких хвиль. Джерелами електромагнітного випромінювання атмосфери є молекули кисню та водяної пари. Атмосферні шуми у діапазоні від 10 до 20 ГГц переважають над космічними.

Теплове випромінювання Землі за характером походження близьке до теплового випромінювання атмосфери,

Завади природного походження, пов'язані з поширенням радіохвиль. Їх дія проявляється в коливаннях (затуханнях) рівня сигналу, що приймається, та його спотворенні.

Затухання, що обумовлені відбиттям та розсіюванням радіохвиль, відбуваються внаслідок інтерференції хвиль у місці їх приймання. При відбитті радіохвиль від об'єктів, положення яких змінюється з часом або змінюються їх електричні параметри та конфігурація, спостерігається так звана дискретна флуктуаційна багатопроменевість. В місці приймання напруженість поля визначається шляхом інтерференції деякої (порівняно невеликої) кількості радіохвиль, що приходять різними шляхами. Внаслідок нестабільності умов відбиття змінюється кількість радіохвиль, що приходять, а також їх фазові та амплітудні співвідношення, в результаті електромагнітне поле в місці приймання зазнає більш-менш глибоких коливань амплітуди напруженості поля. Радіозавади цього типу інтенсивно проявляються в діапазонах гектометрових та декаметрових хвиль. Наприклад, в гектометровому діапазоні напруженість поля сигналу змінюється в десятки разів, а тривалість затухань досягає десятків секунд. На хвилях, коротших за 10 м, завади, викликані відбиттям радіохвиль, спостерігаються в районах з інтенсивним рухом транспорту. Поширення радіохвиль, внаслідок їх відбиття, багатьма траєкторіями, призводить до додаткових завад та спотворень сигналів. Через відмінність довжин шляхів поширення радіохвиль один сигнал може настільки запізнюватися по відношенню до другого, що виникають повторення сигналів, які порушують роботу фототелеграфних та радіотелеграфних систем.

При розсіюванні радіохвиль спостерігається дифузійна багатопроменевість. Типовим прикладом завад такого типу є затухання сигналу в каналах зв'язку, що використовують розсіювання радіохвиль неоднорідностями тропосфери або іоносфери. Зміна напруженості поля в місці приймання при тропосферному поширенні радіохвиль має нестаціонарний характер, а при іоносферному розсіюванні спостерігається швидка флуктуація сигналу.

Крім затухань, виникають спотворення сигналів, які обумовлені неодночасністю приходу радіохвиль. При цьому спостерігаються флуктуації групового часу запізнення та амплітудно-частотні спотворення.

Завади, обумовлені флуктуаціями поглинання радіохвиль, виявляються у виді завмирань. Причинами флуктуацій поглинання радіохвиль є зміни інтенсивності метеорологічних опадів уздовж шляху їх поширення, коливання коефіцієнта поглинання при зміні стану різних шарів атмосфери, флуктуації довжини шляху поширення радіохвиль в поглинальних шарах тощо.

Призначення та мета радіочастотного контролю

Радіочастотний ресурс (РЧР) України – це стратегічний ресурс держави, використання якого є невід’ємною частиною технологічних процесів, які забезпечують функціонування систем радіозв’язку, навігації та радіолокації,

телевізійного і звукового мовлення, побутових приладів. Водночас він є складником надання різноманітних телекомунікаційних послуг і забезпечення ефективного функціонування економіки та низки технологій, що впливають на національну безпеку держави, забезпечують обороноздатність країни, її інформаційну безпеку та технологічну незалежність. Обмеженість РЧР на певному етапі розвитку технологій зумовлює його постійний дефіцит і пов'язану з цим необхідність ефективного використання.

Спостереження за користуванням РЧС, зокрема, шляхом проведення його моніторингу, є одним із засобів підтримки цілісності процесів використання РЧР.

Проте, до нинішнього часу відсутній єдиний термін, який характеризує цей процес. У науково-технічній літературі найчастіше використовуються близькі за звучанням терміни *«радіочастотний контроль», «радіоконтроль»*, *«радіочастотний моніторинг»* та *«радіомоніторинг»*. Нині в Україні загальновизнаними є декілька термінів – «радіочастотний моніторинг», «радіочастотний контроль», «технічний радіоконтроль», «первинний технічний контроль».

Роль і місце радіочастотного моніторингу у сфері використання РЧР визначається перш за все двома аспектами:

- перший пов'язаний з підвищенням ефективності використання РЧР і обумовлений тим, що планування використання й присвоєння радіочастот базується на розрахункових методах, в які для забезпечення відповідних гарантій по електромагнітній сумісності (ЕМС) закладають значні резерви спектра, що практично не використовуються, тому система радіомоніторингу повинна забезпечити оперативне виявлення резервів радіочастот і підвищення ефективності використання РЧР,

- другий аспект пов'язаний з тим, що найдосконаліші методи оцінки ЕМС, на засадах яких приймаються рішення щодо присвоєння радіочастот, не дозволяють в повній мірі врахувати всю багатогранність та специфіку реальної електромагнітної обстановки, що призводить до виникнення важкопрогнозованих завадових ситуацій.

Загальна задача радіочастотного моніторингу, а саме підтримка процесу регулювання й планування у сфері використання РЧР, вирішується шляхом:

- вирішення випадків виникнення небажаних електромагнітних завад на місцевому, регіональному чи глобальному рівні з метою забезпечення сумісного функціонування радіостанцій та радіослужб, зниження затрат на їх розгортання й експлуатацію, отримання економічного ефекту за рахунок покращення доступу до вільного від завад РЧР;

- забезпечення допустимого рівня завад телебаченню та радіомовленню в мережах загального користування (населенням);

- надання інформації щодо реального використання (завантаження) окремих каналів і смуг частот у цілому;

- контролю технічних і експлуатаційних характеристик РЕЗ та радіовимірювальних пристроїв (РВП);

- виявлення та ідентифікації незаконно діючих передавачів, встановлення відповідності виявлених випромінювань зареєстрованим РЕЗ;

- підтримки програм радіочастотного моніторингу, організованих Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ).

Складовою частиною функцій радіочастотного моніторингу при вирішенні задач по забезпеченню державного нагляду за використанням спектрального ресурсу є технічний та ефірний радіочастотний контроль, який призначений для підвищення ефективності регулювання у сфері використання РЧР.

Основною метою радіочастотного контролю є виявлення джерел радіовипромінювання (ДРВ), аналіз параметрів та характеристик їх електромагнітних випромінювань, отримання даних щодо електромагнітної обстановки, необхідних для вирішення задач регулювання у сфері використання РЧР і забезпечення контролю за додержанням діючих норм радіовипромінювань.

Конкретні цілі радіочастотного контролю, що визначені Рекомендаціями МСЕ-Р SM.1050-1, наступні:

а) забезпечення, необхідних для вирішення задач по регулюванню у сфері використання РЧР, наступних даних та інформації щодо:

- реальної зайнятості смуг частот електромагнітними випромінюваннями в зіставленні з дозволеним або запланованим завантаженням;
- відповідності параметрів сигналів, що передаються, вимогам ліцензій;
- ведення та перевірки реєстрації частот;
- виявлення, розпізнавання й визначення місцезнаходження джерел несанкціонованих радіовипромінювань та радіозавад;

б) сприяння у вирішенні проблем ЕМС при введенні в експлуатацію нових радіосистем, присвоєнні робочих радіочастот і укладенні частотних планів шляхом контролю меж зон обслуговування, параметрів РЕЗ і виявлення джерел радіо завад конкретним радіосистемам;

в) сприяння в забезпеченні допустимого рівня радіозавад під час приймання населенням програм телебачення й радіомовлення;

г) забезпечення інформацією, яка пов'язана з вирішенням конкретних задач за звертаннями користувачів РЧР, а також для програм міжнародного радіочастотного моніторингу.

При радіочастотному контролі, згідно Рекомендацій *МСЕ-PSM.*1050-1, вирішуються задачі:

а) вимірювання параметрів і характеристик радіовипромінювань, які включають:

- частоту випромінювання;
- ширину смуги частот, реально зайнятої сигналом;
- рівні побічних і поза смугових випромінювань;
- девіацію частоти випромінювання;

- рівні підносійних частот;
- рівні оточуючих шумів, для вирішення питань щодо додаткового використання РЧС, наприклад, шляхом застосування широкосмугових сигналів;
- спеціальні характеристики сигналів для конкретного виду радіослужби, наприклад, телебачення, широкосмугових супутникових передач тощо;
- напруженість поля та густину потоку потужності для:
    - вивчення й підтвердження прийнятих моделей поширення радіохвиль і алгоритмів присвоєння радіочастот;
    - підтвердження результатів розрахунків відношення рівнів сигнал/завада;
    - перевірки критеріїв спільного використання частот різними радіослужбами;
    - перевірки результатів аналізу можливого виникнення радіозавад;
    - оцінки зон обслуговування РЕЗ;

б) визначення:

- зайнятості смуг частот для перевірки прийнятих правил розподілу й присвоєння радіочастот та можливості повторного використання цих смуг;
- класу випромінювання для оцінки параметрів модуляції;
- відповідності присвоєним значенням радіочастоти випромінювання ширини смуги радіочастот, реально зайнятої сигналом, девіації частоти випромінювання, рівнів підносійних частот;

в) проведення аналізу параметрів та характеристик радіовипромінювань з метою:

- ідентифікації джерел недопустимих радіо завад;
- перевірки відповідності ідентифікаційних сигналів (позивних) національним і міжнародним регламентам ідентифікації сигналів;
- ідентифікації незареєстрованних РЕЗ;
- пеленгації чи визначення місця розташування джерела недопустимої завади або радіопередавача, що працює з порушеннями національних і міжнародних стандартів і регламенту;

г) участь у міжнародному радіочастотному моніторингу для виключення взаємних радіо завад між РЕЗ і радіозавад у смугах частот, відведених для подачі сигналів біди та забезпечення безпеки руху;

д) надання звітів за результатами радіочастотного контролю для вирішення питань, пов'язаних із розробкою стандартів та нормативних документів па параметри та характеристики радіовипромінювань;

е) проведення періодичних інспекційних перевірок засобів зв'язку на їх відповідність технічним, робочим і регламентним умовам, встановленим для регулювання у сфері використання РЧР;

є) виявлення проблемних питань для їх додаткових чи більш інтенсивних досліджень;

ж) розробка пропозицій, рекомендацій і процедур по виключенню радіозавад.

Ефективність радіочастотного контролю визначається:

- досконалістю технічних засобів і обладнання радіочастотного контролю та рівнем їх використання;
- застосовуваними методиками вимірювань;
- функціональним програмним та методичним забезпеченням;
- рівнем кваліфікації персоналу;
- організацією взаємодії регіональних станцій радіочастотного контролю з центром та між собою;
- організацією постановки задач радіочастотного контролю.

Аналіз світової практики організації та планування радіочастотного контролю свідчить, що, незважаючи на досить корисні рекомендації МСЕ, єдиної концепції радіочастотного контролю не існує, оскільки ці рекомендації не визначають конкретні критерії його побудови, тому в кожній країні питання організації, планування та практичної реалізації радіочастотного контролю вирішуються по-своєму.

В Україні розподіл смуг радіочастот визначається Національною таблицею розподілу смуг радіочастот України, яка є нормативно-правовим актом, що регламентує використання частот радіослужбами.

Згідно статті 27 Закону України "Про радіочастотний ресурс України" міжнародно-правовий захист РЕЗ і РВП України, інтересів держави та користувачів РЧР здійснюється:

- за участю у роботі МСЕ, регіональних та інших міжнародних організацій з питань регулювання у сфері використання РЧР;
- укладанням двосторонніх чи багатосторонніх міжнародних угод із регулювання у сфері використання РЧР;
- міжнародною координацією присвоєнь радіочастот РЕЗ України та інших країн;
- реєстрацією у МСЕ присвоєнь радіочастот РЕЗ України.

Організаційні засади, порядок проведення міжнародної координації радіочастотних присвоєнь та міжнародно-правовий захист радіочастотних присвоєнь в Україні визначаються "Положенням про порядок здійснення міжнародної координації радіочастотних присвоєнь в Україні".

Реалізація міжнародно-правових заходів щодо регулювання у сфері використання РЧР покладається на Адміністрацію зв'язку та радіочастот України, яка залучає для цього інші центральні органи виконавчої влади та Національну раду України з питань телебачення і радіомовлення.

В Україні смуги радіочастот переважного використання для потреб національної оборони, державної безпеки, охорони правопорядку становлять до 30 % освоєного РЧР, а решта належить до смуг спільного використання РЕЗ цивільного та військового призначення. Смуги частот для переважного

використання РЕЗ цивільного призначення в Національній таблиці розподілу радіочастот не передбачені, тоді як у країнах Європи на такі смуги припадає до 15 - 20 % технологічно освоєного діапазону частот від 300 кГц до 50 ГГц.

Такий розподіл РЧР обмежує виділення смуг частот для РЕЗ цивільного використання і стримує розвиток важливих сучасних систем та засобів радіозв'язку народногосподарського призначення, поширених в інших країнах (систем рухомого радіозв'язку загального користування, наземного та супутникового телебачення і радіомовлення тощо).

Особливості міжнародної політики колишнього СРСР зумовили значні розбіжності національного розподілу радіочастот з вимогами міжнародного Регламенту радіозв'язку. В результаті чого ця обставина ускладнила освоєння та придбання передових західних технологій радіозв'язку і закупівлю сучасного обладнання, гальмує утворення нових радіослужб, послаблює позицію України в питаннях використання РЧР па міжнародному рівні та стримує розвиток вітчизняної промисловості в галузі виробництва конкурентоспроможних видів радіообладнання, яке відповідає світовому рівню.

Оскільки міжнародні стандарти відображають найкращий досвід промисловості, дослідників та споживачів у всьому світі, відповідають загальним потребам у багатьох країнах і є одним із дієвих засобів усунення технічних перешкод у торгівлі, то в останні роки в Україні проводиться інтенсивна робота по прийняттю міжнародних стандартів як національних у відповідності з правилами та настановами, розробленими Міжнародною організацією зі стандартизації (*ISO*) та Міжнародною електротехнічною комісією (*IEC*).

Технічний радіоконтроль організується:

- на підставі виконання планових або позапланових завдань;
- на підставі угод із користувачами РЧР щодо проведення технічного радіоконтролю параметрів радіовипромінювання;
- у разі виявлення порушень у сфері користування РЧР за результатами проведення радіомоніторингу;
- за заявами користувачів РЧР щодо наявності радіозавад для РЕЗ у певному місці.

Технічний радіоконтроль (раніше цей вид радіоконтролю називали ***ефірним радіоконтролем),*** як правило, проводиться із застосуванням багатофункціональних мобільних комплексів (станцій) радіомоніторингу, спеціалізованих мобільних станцій радіоконтролю та портативного (носимого) обладнання.

В ряді випадків (наприклад, для проведення технічного радіоконтролю параметрів радіовипромінювання потужних передавачів радіомовної та радіолокаційної служб) можуть застосовуватися стаціонарні засоби радіомоніторингу.

В загальному випадку технічний радіоконтроль реалізується шляхом застосування таких методів:

1) пошук і виявлення радіовипромінювань у заданій смузі частот (на заданій частоті);

2) селекція радіовипромінювань;

3) вимірювання (інструментальне оцінювання) параметрів радіовипромінювання із застосуванням автоматизованих стаціонарних комплексів радіомоніторингу, спеціалізованих і багатофункціональних мобільних комплексів радіоконтролю;

4) вимірювання (інструментальне оцінювання) параметрів радіовипромінювання із застосуванням портативного чи носимого обладнання;

5) визначення місцезнаходження ДРВ;

6) ідентифікація радіовипромінювання та ДРВ;

7) інструментальне оцінювання показників якості обслуговування та показників якості надання послуг.

Пошук радіовипромінювання в процесі технічного радіоконтролю реалізується шляхом виконання таких процедур:

1) визначення певного пункту, де планується проведення робіт щодо виявлення радіовипромінювання та вимірювання його параметрів;

2) розташування технічного засобу радіоконтролю у визначеному пункті;

3) постановка завдання на проведення сканування смуг радіочастот (окремих радіочастот) із зазначенням діапазону частот сканування, дискретності сканування за частотою, періодичності та швидкості сканування, виду модуляції та задання режиму накопичення даних;

4) сканування визначених смуг радіочастот;

5) отримання результатів та їхній аналіз;

6) виявлення необхідного радіовипромінювання;

7) повторення процедури пошуку в іншому пункті в разі відсутності радіовипромінювання в місці контролю.

В разі використання направлених антенних систем (АС) (із застосуванням портативного обладнання чи спеціалізованих мобільних станцій технічного радіоконтролю) пошук радіовипромінювання проводиться шляхом сканування за різними напрямками (з різних напрямків).

Процедура селекції радіовипромінювань полягає в такому:

1) виявлення випромінювань у заданій смузі частот (на певній частоті);

2) попереднє оцінювання параметрів радіовипромінювання;

3) здійснення аналізу шляхом проведення суб'єктивного оцінювання за визначеними критеріями відповідності параметрів і характеристик радіовипромінювання (параметрів і характеристик сигналів) передавачам відомих категорій радіотехнологій, систем і стандартів зв'язку;

4) прийняття рішення стосовно належності конкретного радіовипромінювання до певної категорії (групи).

Процес **вимірювання (інструментального оцінювання)** параметрів радіовипромінювання в разі застосування портативних (носимих) засобів радіоконтролю полягає в реалізації таких процедур:

1) проведення панорамного спектрального аналізу в смузі частот, в якій планується виконання радіоконтролю параметрів радіовипромінювання, із застосуванням ненаправлених або слабо направлених антен та обертанням їх в азимутальній площині;

2) візуальне виявлення запланованого радіовипромінювання;

3) установлення направленої вимірювально'і антени та визначення орієнтовного напрямку на джерело, випромінювання якого аналізуються;

4) аналіз заданої смуги частот і суміжних із нею смуг стосовно відсутності

(наявності) сторонніх радіовипромінювань, які можуть завадити проведенню контролю чи вплинути на його результати;

5) орієнтування антени на ДРВ за критерієм максимального значення рівня сигналу на екрані дисплею вимірювального засобу;

6) визначення параметрів радіосигналу (частоти, ширини смуги частот, рівня сигналу, напруженості електромагнітного поля тощо);

7) аналіз отриманих результатів.

В разі вимірювання (інструментального оцінювання) параметрів радіовипромінювання РЕЗ (ВП) із використанням портативних засобів радіоконтролю їх потрібно розташовувати якомога ближче до контрольованого ДРВ у створі головної пелюстки діаграми направленості (ДН) його АС. При цьому потрібно застосовувати каліброване обладнання та направлені антени.

Цей метод може використовуватися для визначення параметрів радіовипромінювання передавачів у мережах стільникового зв'язку, безпроводової телефонії та, в окремих випадках, РЕЗ радіорелейних станцій і земних станцій супутникового зв'язку.

Визначення місцезнаходження ДРВ із застосуванням мобільних засобів радіоконтролю реалізується шляхом:

1) проведення панорамного спектрального аналізу в смузі частот, в якій планується пеленгування та визначення місцезнаходження ДРВ;

2) аналізу цієї смуги частот щодо наявності радіовипромінювання інших (сторонніх) ДРВ;

3) безперервного вимірювання пеленгів на контрольоване ДРВ у процесі руху мобільного комплексу;

4) визначення орієнтовного місця розташування ДРВ і його географічних координат із застосуванням електронної карти місцевості;

5) додаткового контролю випромінювання, місцезнаходження джерела якого визначається, для того щоб упевнитися в тому, що воно належить саме цьому ДРВ;

6) уточнення місцезнаходження передавача РЕЗ шляхом візуалізації його АС.

Визначення місцезнаходження ДРВ із використанням портативного (носимого) обладнання грунтується на застосуванні направлених антен.

Місцезнаходження ДРВ визначається тріангуляційним методом як точка перетину декількох (щонайменше двох) пеленгів (напрямків) виміряних на

нього з декількох рознесених позицій і реалізується шляхом проведення таких процедур:

1) визначення в певному пункті напрямку (азимуту) на ДРВ, який відповідає максимальному рівню сигналу на заданій частоті;

2) визначення напрямку (азимуту) на ДРВ в інших (щонайменше двох) територіально рознесених пунктах;

3) нанесення ліній напрямків на карту місцевості;

4) визначення можливого місцезнаходження ДРВ за точкою перетину нанесених ліній;

5) виявлення антен (АС) передавача РЕЗ шляхом їхньої візуалізації;

6) визначення географічних координат місцезнаходження ДРВ.

За результатами технічного радіоконтролю робляться висновки стосовно легітимності роботи певного РЕЗ (ВП) та відповідності параметрів і характеристик його радіовипромінювання вимогам нормативних документів, умовам наданих ліцензій та дозволів. У разі виявлення порушень вони можуть бути підставою для проведення поглибленого технічного радіоконтролю чи реалізації заходів щодо усунення їхніх причин або припинення роботи цих РЕЗ (ВП).

За способами організації технічний радіоконтроль поділяється на плановий, оперативний та пошуковий.

Плановий технічний радіоконтроль проводиться протягом певного періоду часу (доби, тижня, місяця) відповідно до затвердженого плану з метою перевірки виконання умов ліцензій користувачами РЧР, виявлення джерел радіозавад і незаконно діючих передавачів.

Оперативний технічний радіоконтроль проводиться за окремим завданням і (чи) вказівкою керівництва.

Пошуковий технічний радіоконтроль проводиться вибірково на визначених смугах частот або певних частотах із метою отримання інформації стосовно роботи нових чи раніше виявлених ДРВ і визначення їхніх частотних і часових характеристик.

ВИСНОВКИ

Наше суспільство сьогодні не може існувати без сучасних засобів зв’язку. Радіозв’язок в діяльності Національної поліції України займає важливе місце, забезпечуючи роботу різних підрозділів та дозволяє виконувати складні службові завдання. Величезне значення має застосування радіозв'язку для швидкого попередження і розкриття злочинів, для захисту прав і інтересів громадян. Розуміючи це державі органи влади приділяють особливу увагу розвитку та вдосконалюванню сучасних засобів зв`язку. Тому в діяльність правоохоронних органів впроваджуються сучасні цифрові системи зв’язку, які дозволяють не лише підтримувати надійний стійкий зв’язок між підрозділами, але і надавати доступ до баз даних, які необхідні для службової діяльності.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

І. Нормативно-правові акти:

1. Про Національну поліцію: Закон України від 2 липня 2015 р. No 580-VIII. База даних «Законодавство України»/ ВР України. URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/580-19/.

2. Про затвердження Інструкції з організації експлуатації, зберігання технічних засобів телекомунікацій Національної поліції України: наказ МВС України від 24.09.2018 р. № 780. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0280-19#Text.

3. Про затвердження Положення про єдину цифрову відомчу телекомунікаційну мережу МВС: наказ МВС України від 04.07.2016 р. № 596. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1055-16#Text

ІІ. Спеціальна література:

1. Браїловський В.В., Гресь О.В., Косован Г.В. Радіомоніторинг та радіопротидія на об’єктах інформаційної діяльності. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2016. 125 с.

2. Лаврут О., Лаврут Т., Климович О., Здоренко Ю. Новітні технології та засоби зв'язку у ЗСУ: шлях трансформації та перспективи розвитку. 2019. URL: https://www.ukrmilitary.com/2019/04/signal.html

3. Сайко В.Г., Амірханов Е.Д. Основи мереж цифрового радіозв’язку і радіодоступу нового покоління. К.: ДУТ, 2015. 77 с.

4. Тактико-спеціальна підготовка працівників Національної поліції: навчальний посібник / О.І. Тьорло, Ю.Р. Йосипів, В.М. Синенький та ін. Львів: ЛьвДУВС, 2018. 480 с.

ІІІ. Інформаційні ресурси:

1. Офіційний веб-сайт Президента України. URL: http://www.president.gov.ua/

2. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: www.rada.gov.ua

3. Урядовий портал. Єдиний веб-потал органів виконавчої влади. URL: http://www.kmu.gov.ua/control/

4. Офіційний веб-потал Міністерства внутрішніх справ України. URL: http://www.mvs.gov.ua/

5. Офіційний веб-сайт Міністерства юстиції України. URL: http://www.minjust.gov.ua/

6. Офіційний веб-потал Міністерства освіти і науки України. URL: http://www.mon.gov.ua/

7. Інформаційно-пошукова правова система «Нормативні акти України (НАУ)». URL: http://www.nau.ua/

8. Вікіпедія Вільна енциклопедія. URL: http://uk.wikipedia.org

9. Електронна бібліотека Львівського державного університету внутрішніх справ. URL: http://www.lvduvs.edu.ua