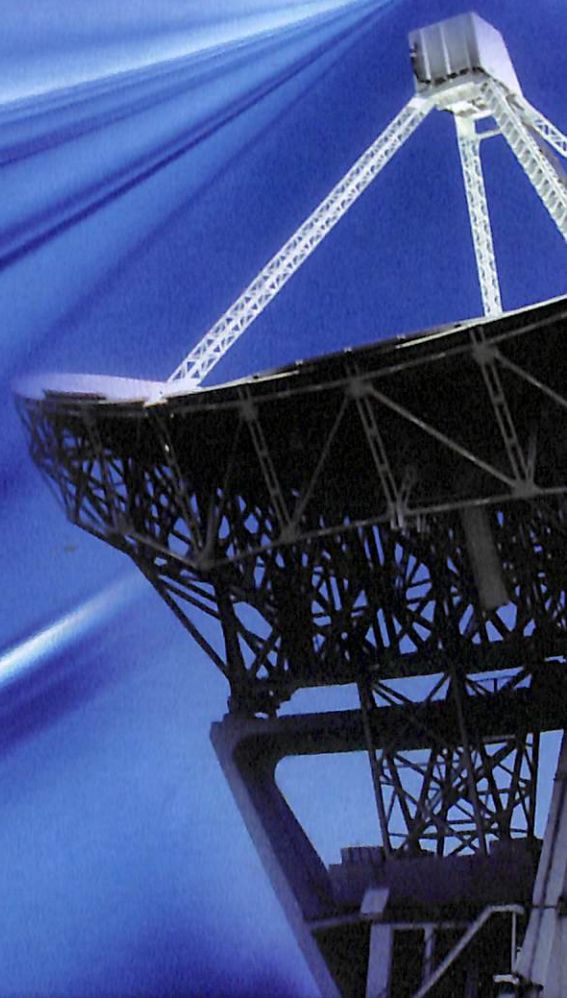


ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА УПРАВЛІННЯ ВИКОРИСТАННЯМ РАДІОЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ

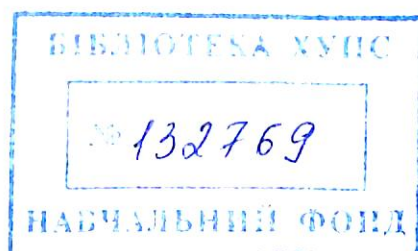
Навчальний посібник



ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА УПРАВЛІННЯ ВИКОРИСТАННЯМ РАДІОЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

За загальною редакцією
доктора технічних наук, професора
В. Г. Кривуци



ББК 32.884.1
Т 34
УДК 621.396.6 (075.8)

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
(лист від 08.05.2012 № 1/11-6451)

Автори: П. В. Слободянюк, Т. М. Наритник, В. Г. Благодарний,
В. Г. Сайко, В. Л. Булгач

За загальною редакцією д-ра техн. наук, професора В. Г. Кривуци

Рецензенти:
Поповський В. В., д-р техн. наук, професор,
Кравчук С. О., д-р техн. наук

Т 34

Теорія і практика управління використанням радіочастотного ресурсу:
Навч. посібник / За ред. д-ра техн. наук, проф. В. Г. Кривуци. — К.: ДУІКТ,
2012. — 596 с.

ISBN 978-966-2970-62-3

Книга являє собою курс з основ управління радіочастотним ресурсом (РЧР), що включає в себе головні принципи управління використанням радіочастотного ресурсу, діапазони спектра електромагнітних коливань, основні Положення Регламенту радіозв'язку, відомості щодо національних та міжнародних органів регулювання (управління) у сфері використання радіочастотного ресурсу. Розглянуто канали передавання радіосигналу, наведено розрахунки енергетичних характеристик радіоліній, методи визначення захисного відношення, особливості, способи та моделі поширення радіохвиль різних діапазонів. Висвітлено проблему електромагнітної сумісності технічних засобів, наведено класифікацію радіозавод та технічних засобів за показниками електромагнітної сумісності.

Розглянуто технічні основи аналізу електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів (передавальних, приймальних та антенних пристроїв), описано технічні засоби забезпечення їхньої електромагнітної сумісності в разі впливу різних завод у системах зв'язку та критерії електромагнітної сумісності, викладено процедури координації частотних присвоєнь та методи частотно-територіального планування. Викладено основи регулювання радіочастотного ресурсу, а також принципи управління використанням РЧР на національному та міжнародному рівнях.

Розкрито особливості ліцензування діяльності операторів зв'язку, сертифікації радіоелектронних засобів, організації служби радіомоніторингу в системі регулювання у сфері використання РЧР України та схарактеризовано структуру сучасної системи радіочастотного моніторингу.

Вміщено великий за обсягом довідковий матеріал із нормативних документів міжнародних і національних органів у сфері регулювання процесів використання РЧР.

До кожного розділу книги наведено контрольні питання та завдання з розв'язаннями.

Книгу може бути використано як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які здобувають освіту за напрямком підготовки бакалаврів і магістрів «Радіотехніка». Вона буде корисною для викладачів, науковців, а також для тих читачів, які цікавляться проблематикою управління та регулювання у сфері використання радіочастотного ресурсу, електромагнітної сумісності радіоелектронних та інших технічних засобів телекомунікацій.

ISBN 978-966-2970-62-3

© П. В. Слободянюк, Т. М. Наритник, В. Г. Благодарний,
В. Г. Сайко, В. Л. Булгач, 2012

ВСТУП

Управління радіочастотним спектром (РЧС) і забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) радіоелектронних засобів (РЕЗ) мають важливе практичне значення. Адже сфера застосування радіосистем у різних галузях людської діяльності швидко розширюється і кількість радіозасобів, які працюють у спільній смузі частот на обмеженій території, неухильно зростає. Через це технічна проблема ефективного використання РЧС і забезпечення ЕМС РЕЗ стає дедалі складнішою. Вона має не тільки національний, а й міжнародний аспект, оскільки радіохвилі не знають кордонів а радіосистеми та їхні відповідні засоби мають бути розгорнуті в такий спосіб, аби не створювати завад роботі РЕЗ сусідніх держав.

Зауважимо, що приблизно на середину 1960-х років практично припав початок інтенсивних досліджень проблеми електромагнітної сумісності, а на період від 1970—1980 років і до теперішнього часу — чітке розуміння того, що ця проблема тісно пов'язує між собою практично всі технічні аспекти й системні питання організації та функціонування сучасних телекомунікацій. Ідеться передусім про теорію модуляції та кодування, системний підхід, методи множинного доступу та організаційні напрацювання, які являють собою, по суті, узагальнений досвід розробників щодо освоєння радіочастотного ресурсу. Навіть питання екології виявилися тісно пов'язаними з електромагнітною сумісністю.

Проблемам удосконалення системи управління радіочастотним ресурсом (РЧР) надається велике значення в усіх країнах світу, бо від того, наскільки ефективно він використовується, залежить як соціальний, так і економічний розвиток країни.

Зокрема, за результатами роботи останньої Всесвітньої конференції радіозв'язку (ВКР-12) до Регламенту радіозв'язку було внесено зміни, спрямовані на забезпечення ефективного використання радіочастотного й орбітального ресурсу, а також на подальший розвиток наземного й супутникового мовлення, пересувного й супутникового зв'язку, морського й повітряного транспорту, різних наукових застосувань, пов'язаних із захистом довкілля, метеорологією, прогнозування ситуацій, що можуть призвести до лиха, та наданням допомоги потерпілим від нього.

Асамблея радіозв'язку МСЄ є вищим органом Сектора радіозв'язку МСЄ (МСЄ-Р), що визначає методи роботи та процедури для управління діяльністю Сектора, а також структуру, програму й основні напрямки діяльності Дослідних комісій (ДК) радіозв'язку, консультативної групи радіозв'язку (КГР), Консультативного комітету з термінології (ККТ), Підготовчих зборів до конференції (ПЗК) і Спеціального комітету (СК) для розгляду регламентаційних процедурних питань.

Згадувана вже Всесвітня конференція радіозв'язку (ВКР-12), яка відбулася в Женеві з 23 січня по 17 лютого 2012 року, істотно розширила межі регульованого МСЄ радіочастотного спектра. Якщо раніше Регламентом радіозв'язку регулювався діапазон частот від 9 кГц до 275 ГГц, то за результатами роботи ВКР-12 діапазон розширився і становить від 8,3 кГц до 3000 ГГц. Розширення у верхній частині відбулося за рахунок включення до Регламенту радіозв'язку нових смуг частот для пасивних застосувань у діапазоні 275...3000 ГГц з урахуванням використання цих частот в оптичних лініях зв'язку у вільному просторі. Розширення в нижній частині відбулося завдяки розподілу смуги частот 8,3...9 кГц для допоміжної служби метеорології (виявлення блискавок), радіонавігаційної служби, рухомої та фіксованої служб (див.: Електросвязь.— 2012.— № 3.— С. 5—11).

Програма роботи МСЕ-Р на 2012–2015 роки включає в себе питання щодо проведення подальших досліджень, спрямованих на впровадження радіотехнологій і затвердження світових стандартів, які мають велике значення для розвитку систем:

- ▶ безпроводового зв'язку 4-го покоління;
- ▶ безпроводового широкосмугового доступу, у тому числі з використанням мереж і систем супутникового зв'язку;
- ▶ когнітивного радіо;
- ▶ цифрового радіомовлення та електронного збору новин;
- ▶ систем радіозв'язку, що використовуються для прогнозування, виявлення та пом'якшення наслідків лиха, яке сталося, і надання допомоги потерпілим.

З огляду на високі темпи розвитку техніки цифрового радіозв'язку, упровадження інноваційних технологій та їх конвергенцію, що супроводжується підвищенням швидкостей передавання все більших обсягів інформації, потреба в радіочастотному спектрі загального користування з кожним роком істотно зростає. За таких умов особливо важливу роль у процесі вдосконалення системи управління РЧР відіграє радіомоніторинг радіочастотного спектра, який дозволяє визначати ефективність його використання, забезпечувати ЕМС діючих РЕЗ і випромінювальних пристроїв, виявляти джерела електромагнітних завад.

Для виконання відповідних завдань потрібні радіоінженери, які мали б системні знання з управління РЧР і ЕМС РЕЗ та спеціальну підготовку, що давало б їм змогу успішно розв'язувати численні проблеми, які постають у цій сфері. Утім в Україні донедавна не приділялося належної уваги підготовці таких фахівців у вищих навчальних закладах.

Варто також наголосити, що нині в Україні, незважаючи на появу останніми роками низки праць [1–5], присвячених розглядуваній проблематиці, явно бракує друкованих видань, в яких із належною повнотою висвітлювалися б питання, пов'язані з проблемами використання РЧС, його дистанційного контролю та моніторингу. Маємо гострий дефіцит книг, особливо підручників та навчальних посібників, із тематики управління радіочастотним ресурсом з урахуванням сучасного рівня та тенденцій розвитку телекомунікацій. Усунути певною мірою цю прогалину має пропонуване видання, що докладно висвітлює основні аспекти проблем радіочастотного моніторингу та радіоконтролю практично для всіх нині діючих систем радіотехнологій. При цьому всі питання викладено з урахуванням нормативно-правових засад щодо діяльності у сфері користування РЧР і економічних аспектів регулювання його використання.

Натомість у відомій науково-технічній літературі можна знайти вкрай мало інформації про методи проведення моніторингу РЧС та технічного контролю параметрів радіовипромінювання передавачів. А якщо навіть зазначені питання й розкриваються, то, як правило, у вузькоспеціалізованому плані й для обмеженого класу (категорій) радіотехнологій.

Насправді фахівці у галузі радіомоніторингу переймаються проблемою побудови системи радіочастотного моніторингу (СРЧМ), яка дозволяє ефективно контролювати використання РЧР України й надавати необхідну інформацію іншим органам у сфері регулювання використання РЧР для забезпечення впровадження новітніх радіотехнологій і послуг зв'язку.

Автори пропонованого навчального посібника, беручи це до уваги, наводять загальні підходи до побудови СРЧМ, які сформувалися на базі багаторічного досвіду фахівців Державного підприємства «Український державний центр радіочастот» щодо створення СРЧМ, інтеграції в єдину інформаційно-аналітичну систему підприємства і забезпечення її безперебійного функціонування.

Принагідно зазначимо, що національний досвід регулювання використання РЧР переконує: за допомогою самих лише адміністративних та технічних заходів не завжди можна досягти високої ефективності використання РЧР. Управління та регулювання використання РЧР має спиратися на застосування сукупності правових, економічних, адміністративних, організаційних і технічних процедур, які ґрунтуються на державних законодавчих актах і положеннях, а також на міжнародних угодах, що сприяють ефективному функціонуванню обладнання радіозв'язку без появи взаєм-

них радіозавод. Від раціонального використання РЧР залежать доходи операторів (користувачів) і надходження до бюджету держави. Таким чином, у рамках державної системи регулювання використання РЧР для досягнення високої ефективності його використання мають застосовуватися відповідні економічні методи.

У цьому навчальному посібнику вперше вміщено матеріали щодо економічних аспектів регулювання використання РЧР, методів ціноутворення у сфері використання РЧР, ефективності використання РЧР і способів її оцінювання.

При створенні посібника автори використали також свій багаторічний досвід читання лекційних курсів для студентів за напрямом «Радіотехніка» у Державному університеті інформаційно-комунікаційних технологій (ДУІКТ) і на курсах підвищення кваліфікації керівного складу та спеціалістів Державного підприємства «Український державний центр радіочастот» за напрямом «Радіочастотний моніторинг», що діють у Навчально-науковому інституті післядипломної освіти ДУІКТ.

Навчальний посібник складається з десяти розділів.

У **розділі 1** наведено поділ електромагнітного спектра на діапазони частот, розглянуто особливості розподілу радіочастотного ресурсу, а також відомості про міжнародні та національні органи регулювання (управління) у сфері використання радіочастотного ресурсу, висвітлено основні положення Регламенту радіозв'язку, плани і розподіл смуг частот між різними радіослужбами.

Розділ 2 присвячено розгляду каналу передавання радіосигналу, опису його структури, розрахунку енергетичних характеристик радіолінії, особливостям і моделям поширення радіохвиль різних діапазонів.

У **розділі 3** обґрунтовано проблему EMC технічних засобів, подано класифікацію радіозавод і їх джерел, класифікацію технічних засобів за показниками EMC, а також розглянуто питання їх сертифікація на відповідність EMC.

Розділ 4 присвячено технічним основам аналізу EMC радіоелектронних засобів, проаналізовано параметри радіопередавальних, радіоприймальних та антенних пристроїв, що впливають на ефективність використання радіочастотного ресурсу, описано нормування їхніх характеристик.

У **розділі 5** вміщено опис заходів із забезпечення EMC технічних засобів при впливі різних завод у системах зв'язку, зокрема наведено схеми та принципи роботи одно- і двоканальних компенсаторів завод, а також розглянуто методи подавлення імпульсних завод.

У **розділі 6** наведено та проаналізовано критерії EMC РЕЗ, розглянуто методи визначення захисного відношення (використовуваного як критерій електромагнітної сумісності радіосистем), впливу завод на приймачі аналогової і цифрової системи радіозв'язку. Приділено увагу питанням координації частотних присвоєнь при спільному використанні смуг спектра частот, теоретичним передумовам ефективного використання спектра в телекомунікаційних системах, методам частотно-територіального планування і методам ефективного використання РЧР.

Розділ 7 присвячено основам управління (регулювання) використанням РЧР, розглянуто цілі, завдання та функції управління, принципи управління використанням РЧР на міжнародному та національному рівнях.

У **розділі 8** описано стандарти, процедури видачі дозволів на використання обладнання, висвітлено технічні аспекти присвоєння частот радіостанціям, а також особливості ліцензування діяльності операторів зв'язку та сертифікації РЕЗ.

У **розділі 9** наведено завдання служби радіомоніторингу та служби радіоінспекції, стисло розглянуто методи проведення радіомоніторингу, подано узагальнену структуру системи радіомоніторингу, описано основні складові автоматизованої системи радіомоніторингу, сформульовано пропозиції щодо структури та конструкції стаціонарних і мобільних засобів радіомоніторингу, наведено основні підходи до планування та побудови СРЧМ. Приділено увагу питанням розрахунку зон радіопокриття стаціонарних радіоконтрольних постів і їхніх потреб, описано струк-

туру сучасної системи радіочастотного моніторингу, реалізованої Державним підприємством «Український державний центр радіочастот», визначено основні аспекти міжнародного співробітництва у сфері радіомоніторингу. Розглянуто принципи організації мереж радіозв'язку перспективних радіотехнологій, які визначають головні тенденції розвитку радіомоніторингу.

Розділ 10 присвячено економічним аспектам регулювання використання РЧР, методам ціноутворення у сфері використання РЧР, питанням ефективності використання РЧР та способам її оцінювання, економічним проблемам радіомоніторингу.

У **додатках** подано великий за обсягом матеріал, що включає в себе нормативні документи міжнародних і національних органів у сфері регулювання (управління) використанням радіочастотного ресурсу.

Кожний розділ містить приклади застосування викладених у ньому методів розрахунку і завершується добіркою питань, призначених для самоперевірки та контролю засвоєння відповідного матеріалу.

Навчальний посібник призначено для широкого кола читачів — студентів, слухачів закладів підвищення класифікації, науковців та всіх тих, хто цікавиться питаннями використання та управління радіочастотного ресурсу в телекомунікаціях.

Насамкінець зазначимо, що авторський колектив представлений провідними фахівцями в галузі радіочастотного моніторингу в Україні, відомими за своїми численними публікаціями в періодичних науково-технічних виданнях.

Автори висловлюють глибоку вдячність рецензентам — докторам технічних наук *Поповському В. В.* і *Кравчуку С.О.*, які подали слушні зауваження та цінні пропозиції щодо вдосконалення змісту навчального посібника, а також *Олійнику В. Ф.*, *Корсаку В. Ф.*, *Гепку І. О.* за корисні й кваліфіковані поради стосовно вдосконалення змістової частини праці.

Автори будуть щиро вдячні за зауваження та побажання, пов'язані з подальшим удосконаленням змісту та форми викладу матеріалу.

Відгуки та зауваження щодо навчального посібника просимо надсилати на адресу:

03110, Київ, вул. Солом'янська, 7,

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

або на електронну пошту Університету:

vgsaiko@gmail.com Сайко В. Г.

З М І С Т

Вступ.....	3
Перелік найбільш використовуваних скорочень.....	7

Розділ 1

РАДІОЧАСТОТНИЙ РЕСУРС ТА ОРГАНИ УПРАВЛІННЯ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯМ

1.1. Діапазони спектра електромагнітних коливань.....	10
1.2. Необхідність розподілу та особливості використання радіочастотного ресурсу.....	14
1.3. Органи міжнародної діяльності у сфері використання РЧР.....	18
1.4. Органи державного регулювання та управління у сфері використання РЧР України.....	23
1.5. Державне регулювання у сфері використання РЧР України.....	26
1.6. Міжнародна таблиця розподілу частот.....	30
1.7. Плани використання смуг радіочастот.....	31
1.8. Міжнародно-правовий захист частотних присвоєнь.....	32
1.9. Основні положення Регламенту радіозв'язку.....	33
1.10. Національна таблиця розподілу смуг радіочастот України.....	36
1.11. Державна технічна політика користування РЧС.....	37
Задачі.....	40
Питання для самоконтролю.....	46

Розділ 2

ОСНОВНЕ РІВНЯННЯ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ РАДІОЛІНІЇ. ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ РАДІОХВИЛЬ РІЗНИХ ДІАПАЗОНІВ

2.1. Основне рівняння для енергетичного розрахунку радіолінії.....	48
2.2. Особливості поширення радіохвиль та моделі для розрахунку їх загасання.....	54
2.2.1. Загальні положення.....	54
2.2.2. Механізми поширення радіохвиль.....	55
2.2.3. Особливості поширення радіохвиль різних діапазонів.....	56
2.2.3.1. Діапазон частот 10 кГц...30 МГц.....	58
2.2.3.2. Діапазон частот 30 МГц...3 ГГц.....	57
2.2.3.3. Діапазон частот 3...20 ГГц.....	61
2.2.3.4. Діапазон частот понад 20 ГГц.....	64
2.2.4. Моделі поширення радіохвиль діапазону ультрависоких частот.....	65

Задачі.....	73
Питання для самоконтролю.....	81

Розділ 3

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ. РАДІОЗАВАДИ, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ ТА НОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ

3.1. Актуальність проблеми.....	82
3.2. Класифікація радіозавод та їхніх джерел.....	85
3.2.1. Класифікація радіозавод за типом джерел.....	85
3.2.2. Класифікація радіозавод за видами середовища поширення.....	90
3.2.3. Класифікація радіозавод за частотно-часовими властивостями.....	90
3.2.4. Класифікація радіозавод за характером взаємодії з корисним сигналом.....	91
3.2.5. Індустріальні радіозаводи.....	92
3.2.5.1. Рецептори індустріальних радіозавод.....	93
3.2.5.2. Класифікація індустріальних радіозавод...95	
3.2.5.3. Нормування та параметри індустріальних радіозавод.....	100
3.3. Класифікація технічних засобів за показниками електромагнітної сумісності.....	105
3.4. Показники електромагнітної сумісності технічних засобів.....	107
3.5. Сертифікація технічних засобів на відповідність нормам електромагнітної сумісності.....	110
Задачі.....	113
Питання для самоконтролю.....	114

Розділ 4

ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ

4.1. Параметри радіопередавальних засобів, що впливають на ефективність використання радіочастотного спектра.....	117
4.1.1. Основне випромінювання.....	117
4.1.2. Побічне випромінювання радіопередавачів.....	130
4.1.3. Індустріальні заводи передавача та сприйнятливність передавача до індустріальних завод.....	137
4.2. Параметри радіоприймальних пристроїв, що впливають на ефективність використання радіочастотного спектра.....	138
4.2.1. Характеристики та параметри радіоприймального пристрою, що зазнає впливу одним коливанням.....	140

4.2.2. Характеристики й параметри радіоприймального пристрою в разі впливу кількох коливань.....	146
4.2.3. Завади від радіоприймальних пристроїв та їхня сприйнятливість поза антеною.....	154
4.3. Характеристики антен, що впливають на електромагнітну сумісність, та їх нормування.....	160
4.3.1. Основні параметри антен.....	161
4.3.2. Нормування характеристик антен.....	167
Задачі.....	177
Питання для самоконтролю.....	186

Розділ 5

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕМС РЕЗ У РАЗІ ВПЛИВУ РІЗНИХ ЗАВАД У СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ

5.1. Компенсація та адаптація як способи зниження рівня завад.....	191
5.2. Забезпечення електромагнітної сумісності за допомогою одноканальних компенсаторів завад.....	194
5.2.1. Оптимальний відстежувальний компенсатор завад для двох ЧМ сигналів.....	195
5.2.2. Оптимальний пристрій для розділення двох АМ сигналів.....	196
5.2.3. Ітераційні компенсатори завад.....	197
5.3. Забезпечення електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів за допомогою двоканальних компенсаторів завад у системах зв'язку з ЧМ.....	200
5.3.1. Компенсатор завад із опорним входом.....	202
5.3.2. Оптимальні та субоптимальні компенсатори завад.....	203
5.3.3. Цифрові автокомпенсатори завад.....	205
5.3.4. Ефективність застосування компенсаторів завад.....	206
5.4. Забезпечення електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів за допомогою пристроїв подавлення імпульсних завад.....	208
5.4.1. Прості методи подавлення імпульсних завад.....	208
5.4.2. Подавлення імпульсних завад методом екстрополяції спотворених значень корисного сигналу.....	210
5.4.3. Подавлення імпульсних завад методом інтерполяції спотворених значень корисного сигналу.....	211
5.4.4. Подавлення імпульсних завад при прийманні повідомлень із істотно нерівномірним спектром.....	213

5.5. Подавлення імпульсних завад у системах зв'язку магістральних тропосферних радіорелейних ліній.....	214
Питання для самоконтролю.....	219

Розділ 6

КРИТЕРІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

6.1. Загальні положення.....	220
6.2. Захисне відношення та методи його визначення.....	223
6.2.1. Захисне відношення та його використання як критерію ЕМС.....	223
6.2.2. Вплив завад на приймач аналогової системи радіозв'язку.....	225
6.2.3. Вплив завад на приймач супутникової цифрової системи радіозв'язку.....	227
6.3. Координація частотних присвоєнь у разі спільного використання смуг частотного спектра.....	236
6.4. Порядок розв'язування завдань із забезпечення електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів.....	240
6.5. Оцінювання електромагнітної сумісності.....	243
6.6. Розрахунок норм частотно-територіального рознесення радіоелектронних засобів.....	244
6.7. Міра використання РЧР.....	246
6.8. Методи ефективного використання частотної (спектральної) складової обсягу РЧР.....	249
6.8.1. Теоретичні передумови ефективного використання частотного спектра в телекомунікаційних системах.....	249
6.8.2. Використання надвисокочастотних діапазонів.....	252
6.8.2.1. Особливості використання спектра понад 20 ГГц.....	253
6.8.2.2. Використання спектра частот 40...3000 ГГц.....	255
6.8.2.3. Системи електрозв'язку, що використовують електромагнітний спектр понад 3000 ГГц.....	257
6.9. Методи ефективного використання часової складової обсягу РЧР.....	258
6.9.1. Системи з рівнодоступними радіоканалами.....	259
6.9.2. Системи пакетного радіозв'язку.....	259
6.10. Методи ефективного використання просторової складової обсягу РЧР.....	262
6.10.1. Загальні відомості.....	262
6.10.2. Частотно-територіальне планування.....	268
6.10.3. Лінійне планування частот.....	270

6.10.4. Планування частот на основі теорії графів.....	272
6.10.5. Сітка частотних присвоєнь без завад.....	274
6.11. Ефективність використання радіочастотного ресурсу.....	276
6.12. Міра ефективності використання ресурсу (ЕВР).....	278
6.13. Якість радіочастотного ресурсу.....	280
6.14. Відносна ефективність використання РЧР.....	281
Задачі.....	286
Питання для самоконтролю.....	295
Відповідь на питання 27.....	297
Додаток до розділу 6.....	299

Розділ 7

ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ВИКОРИСТАННЯМ РЧР

7.1. Необхідність управління використанням РЧР.....	301
7.2. Мета та завдання управління використанням РЧР.....	311
7.3. Функції з управління використанням РЧР.....	313
7.4. Альтернативні методи розподілу частот на міжнародному та національному рівнях.....	320
7.5. Координація частотних присвоєнь у прикордонних районах.....	326
7.6. Принципи управління використанням РЧР на державному (національному) рівні.....	330
7.6.1. Закон про радіозв'язок.....	330
7.6.2. Національна таблиця розподілу смуг частот.....	331
7.6.3. Регламентні положення та процедури.....	331
7.6.4. Організаційна структура та процедури.....	332
7.6.5. Політика у сфері управління використанням РЧР.....	334
7.6.6. Планування використання РЧР.....	337
7.6.6.1. Цілі та важливість планування.....	337
7.6.6.2. Економічні аспекти управління РЧР.....	338
7.6.6.3. Процедури планування.....	340
7.6.6.4. Планування системи управління використанням радіочастотного ресурсу...346	
7.6.6.5. Реалізація планування.....	347
Питання для самоконтролю.....	350

Розділ 8

ВИДАЧА ДОЗВОЛІВ НА ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОТ І ОБЛАДНАННЯ. ЛІЦЕНЗУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ КОРИСТУВАЧІВ ТА ПРОЦЕДУРИ СЕРТИФІКАЦІЇ РЕЗ

8.1. Стандарти та видача дозволів на використання обладнання.....	352
8.2. Присвоєння частот радіостанціям.....	356

8.3. Технічні аспекти процедури присвоєння частот.....	357
8.4. Ліцензування діяльності.....	359
8.5. Сертифікація радіоелектронних засобів.....	364
8.6. Сертифікація продукції в Європі.....	369
Питання для самоконтролю.....	372
Список літератури до розділів 1–8.....	373

Розділ 9

РАДІОМОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ

9.1. Завдання служби радіомоніторингу.....	381
9.1.1. Питання термінології у сфері радіомоніторингу...	381
9.1.2. Правові засади діяльності у сфері користування РЧР України.....	383
9.1.3. Нормативно-правові засади діяльності у сфері радіомоніторингу.....	385
9.1.4. Місце радіомоніторингу і радіоконтролю в системі частотного менеджменту.....	388
9.1.5. Завдання служби радіоінспектування.....	389
9.1.6. Завдання служби радіомоніторингу.....	390
9.1.7. Завдання служби радіомоніторингу у процесі частотного менеджменту.....	399
9.1.7.1. Завдання служби радіомоніторингу на етапі розподілу смуг радіочастот.....	400
9.1.7.2. Завдання служби радіомоніторингу на етапі виділення смуг радіочастот.....	400
9.1.7.3. Завдання служби радіомоніторингу на етапі планування присвоєння радіочастот.....	401
9.1.7.4. Завдання служби радіомоніторингу на етапі видачі дозволу на експлуатацію РЕЗ.....	404
9.1.7.5. Завдання служби радіомоніторингу у процесі експлуатації РЕЗ.....	404
9.1.7.6. Завдання служби радіомоніторингу після анулювання дозволів на експлуатацію РЕЗ.....	405
9.2. Методи проведення радіомоніторингу.....	405
9.2.1. Загальні положення.....	405
9.2.2. Пошук і виявлення радіовипромінювання.....	406
9.2.3. Спостереження за радіовипромінюванням.....	410
9.2.4. Селекція радіовипромінювань.....	413
9.2.5. Вимірювання параметрів радіовипромінювання....	414
9.2.6. Радіопеленгування джерел радіовипромінювань...	417
9.2.7. Визначення місцезнаходження ДРВ.....	417

9.2.8. Ідентифікація радіовипромінювань і ДРВ.....	418
9.2.9. Оцінювання показників якості обслуговування та якості послуг зв'язку.....	421
9.2.10. Оцінювання ступеня покриття мереж стілньикового зв'язку.....	421
9.3. Моніторинг спектра.....	422
9.4. Радіоконтроль параметрів радіовипромінювання.....	424
9.5. Вимірювання параметрів радіовипромінювань.....	429
9.5.1. Вимірювання ширини смуги частот.....	429
9.5.2. Вимірювання частоти радіовипромінювання.....	437
9.5.3. Вимірювання напруженості поля електромагнітного випромінювання та густини потоку потужності.....	448
9.5.4. Вимірювання зайнятості спектра.....	453
9.6. Оцінювання зони покриття та показників якості обслуговування в мережах стільникового зв'язку GSM....	456
9.6.1. Параметри оцінювання якості мереж GSM.....	456
9.6.2. Принципи оцінювання якості мереж зв'язку.....	457
9.6.3. Вимірювання рівня покриття.....	457
9.6.4. Вимірювання рівня блокування.....	462
9.6.5. Вимірювання рівня обривів.....	464
9.6.6. Узагальнений коефіцієнт якості.....	465
9.7. Структура системи радіомоніторингу.....	466
9.7.1. Взаємодія СРЧМ з іншими системами.....	466
9.7.2. Узагальнена структура системи радіомоніторингу.....	467
9.7.3. Структура побудови елементів АСРМ.....	472
9.7.4. Призначення технічних засобів і обладнання СРЧМ.....	474
9.7.4.1. Загальні положення.....	474
9.7.4.2. Класифікація засобів радіомоніторингу...	475
9.7.4.3. Загальні вимоги до технічної оснащеності системи радіомоніторингу....	476
9.7.4.4. Класифікація станцій радіомоніторингу...	477
9.7.4.5. Вимоги до функціональних і технічних характеристик станцій радіомоніторингу.....	479
9.7.5. Структура станцій радіомоніторингу.....	484
9.7.5.1. Вимоги до структури стаціонарних СРМ...	484
9.7.5.2. Загальні підходи до структури та конструкції мобільних (рухомих) станцій радіомоніторингу.....	486
9.7.5.3. Узагальнена структура МСРМ загального призначення.....	487
9.7.5.4. Узагальнена структура мобільних станцій моніторингу мереж радіотехнологій загального користування.....	488

9.7.5.5. Загальні вимоги до конструкції ССТК.....	489
9.7.5.6. Структура станції супутникового моніторингу.....	490
9.7.5.7. Вимоги до стаціонарних СРМ КХ діапазону.....	491
9.8. Побудова системи радіомоніторингу.....	492
9.8.1. Загальні підходи до побудови системи радіомоніторингу.....	492
9.8.2. Вимоги до топології СРЧМ.....	493
9.8.3. Методика оцінювання ефективності функціонування СРЧМ за критерієм повноти виконання завдань.....	503
9.8.4. Обґрунтування вимог до дальності розташування РЕЗ від РКП.....	505
9.9. Організація робіт із радіомоніторингу.....	508
9.9.1. Планування радіомоніторингу.....	508
9.9.2. Організація виконання робіт із моніторингу спектра.....	513
9.9.3. Організація робіт із проведення планового радіоконтролю.....	513
9.9.4. Організація позапланових робіт із радіоконтролю.....	514
9.9.5. Обробка результатів і підготовка звітних документів.....	515
9.10. Система радіомоніторингу УДЦР.....	516
9.10.1. Побудова системи радіомоніторингу УДЦР.....	516
9.10.2. Сучасний стан розвитку системи радіомоніторингу УДЦР.....	521
9.10.3. Структура інформаційної мережі УДЦР.....	523
9.10.4. Продуктивність засобів радіомоніторингу.....	526
9.10.5. Перспективні напрямки розвитку СРЧМ УДЦ.....	528
9.11. Міжнародне співробітництво у сфері радіомоніторингу.....	529
9.11.1. Нормативно-правове забезпечення функціонування міжнародної СРЧМ.....	529
9.11.2. Склад і структура міжнародної системи радіомоніторингу.....	530
9.11.3. Тенденції розвитку міжнародної СРЧМ.....	534
9.11.4. Міжнародне співробітництво у сфері радіомоніторингу в прикордонних зонах.....	534
9.11.5. Організація радіоконтролю при проведенні великих міжнародних заходів.....	535
9.11.6. Міжнародні симпозіуми, семінари.....	539
9.12. Тенденції розвитку засобів та методів радіомоніторингу.....	540

9.12.1. Сучасний стан розвитку сфери розвитку телекомунікацій.....	541
9.12.1.1. Нові радіотехнології.....	541
9.12.1.2. Основні напрямки забезпечення радіомоніторингу сучасних і перспективних радіотехнологій.....	544
9.12.2. Основні тенденції розвитку радіомоніторингу...	546

Розділ 10

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РЕГУЛЮВАННЯ У СФЕРІ ВИКОРИСТАННЯ РЧР

10.1. Загальні положення.....	551
10.2. Методи ціноутворення у сфері використання РЧР.....	552
10.3. Ресурсний підхід до регулювання використання РЧР.....	556
10.4. Ефективність використання РЧР та способи її оцінювання.....	563
10.5. Конверсія РЧС з економічного погляду.....	565
10.6. Економіка радіомоніторингу.....	571
10.6.1. Загальні підходи.....	571
10.6.2. Розробка показника ефективності функціонування системи технічного радіоконтролю.....	576
Список літератури до розділів 9 і 10.....	578