

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації  
(повна назва)

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем  
(повна назва)

**АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА**  
**Пояснювальна записка**

рівень вищої освіти другий (магістерський)

ГЮІК.ХХХХХХ.021ПЗ

Інформаційне забезпечення систем радіомоніторингу

(тема)

Виконав: студент 2 курсу, групи ІКТм 18-1

Пішоха К.С.

(прізвище, ініціали)

спеціальності 122 – Комп'ютерні науки

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційно-комунікаційні технології

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Цопа О.І.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(прізвище, ініціали)

20\_\_ р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 – Компю’терні науки  
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційно-комунікаційні технології  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

### НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Пішохи Костянтину Сергійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційне забезпечення систем радіомоніторингу

затверджена наказом по університету від 21 листопада 2019 р. № 1730 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 05 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи Принципи побудови спектральних масок, принципи розрахунку необхідних широт полос частот, принцип розрахунку зайнятої широти полоси

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Принципи побудови національних систем радіомоніторингу, побудова спектральних масок передавачів радіоелектронних засобів, розробка програмного забезпечення для автоматизації процесу побудову спектральних масок передавачів, інтеграція спектральних масок передавачів у сучасні засоби радіомоніторингу

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)  
Слайди презентації

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Спецчастина	проф. Цопа О.І.		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів	Примітка
1	Об'єктний аналіз поставленої задачі		виконано
2	Аналіз предметної галузі		виконано
3	Аналіз існуючих алгоритмів		виконано
4	Дослідження існуючих методів		виконано
5	Пошук та вирішення недоліків алгоритмів та методів		виконано
6	Підготовка пояснювальної записки		виконано
7	Підготовка презентації та доповіді		виконано
8	Попередній захист		виконано
9	Нормоконтроль, рецензування		виконано
10	Занесення диплома в електронний архів		виконано
11	Допуск до захисту у зав. кафедри		виконано

Дата видачі завдання  01  листопада  2019  р.

Студент \_\_\_\_\_  
 (підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
 (підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до атестаційної роботи: 117 с., 29 рис., 3 додатки, 97 посилання.

**АНАЛІЗАТОРИ СПЕКТРУ, ПЕРЕДАВАЧ, СПЕКТРАЛЬНА МАСКА, СЕГМЕНТАЦІЯ, АЛГОРИТМ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, JAVA, ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ.**

Об'єкт дослідження – засоби програмування для побудови спектральних масок випромінюючих радіоелектронних засобів основних цифрових і аналогових радіотехнологій, які охоплюються системою радіочастотного моніторингу України.

Предмет дослідження – спектральні маски випромінювання РЕЗ основних цифрових і аналогових радіо технологій та можливість їх використання в автоматизованих системах радіомоніторингу.

Мета дипломної роботи: створення бази спектральних масок випромінювання РЕЗ основних радіотехнологій, розробка програмного забезпечення для їх побудування і інтеграція їх в аналізатори спектру для вдосконалення автоматизації процесу контролю (моніторингу) радіочастот в Україні.

Методи дослідження – методи статистичного синтезу й аналізу, аналітичного огляду, об'єктна орієнтованого програмування.

## ABSTRACT

Explanatory note to the attestation work: 117 p., 29 figures, 3 appendices, 97 references.

SPECTRUM ANALYZERS, TRANSMITTER, SPECTRAL MASK, SEGMENTATION, ALGORITHM, AUTOMATION, JAVA, FUNCTIONAL SOFTWARE.

The object of the study is the radiating electronic means of basic digital and analog radio technologies covered by the radio frequency monitoring system of Ukraine.

The subject of the study is the spectral masks of radiation of RES of the basic digital and analog radio technologies and the possibility of their use in automated radio monitoring systems.

The purpose of the diploma work: creation of a base of spectral masks of radiation of RES of the basic radio technologies, development of software for their construction and integration of them into spectrum analyzers for perfection of automation of process of control (monitoring) of radio frequencies in Ukraine.

Research methods - methods of statistical synthesis and analysis, analytical review, object oriented programming

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....</b>	<b>8</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>11</b>
<b>1 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ НАЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ РАДІОМОНІТОРИНГУ .....</b>	<b>13</b>
1.1 Загальні принципи побудови національних систем радіомоніторингу .....	14
1.2 Національна система радіочастотного моніторингу України.....	16
1.2.1 Загальна структура системи радіочастотного моніторингу України.....	17
1.2.2 Використання аналізаторів спектру у системі радіочастотного моніторингу .....	22
1.3 Застосування спектральних масок передавачів для автоматизації процесу радіочастотного моніторингу.....	25
1.3.1 Особливості міліметрового діапазону довжин хвиль .....	26
1.3.2 Розрахунок та застосування спектральних масок передавачів T-DAB та DVB-T.....	28
1.3.3 Аналіз державних та європейських стандартів, рекомендацій та нормативних документів.....	34
<b>2 ПОБУДОВА СПЕКТРАЛЬНИХ МАСОК ПЕРЕДАВАЧІВ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ .....</b>	<b>36</b>
2.1 Алгоритм побудови спектральних масок передавачів РЕЗ.....	36
2.2 Аналіз сучасних засобів програмування .....	41
2.2.1 Порівняльний аналіз мов програмування Python та C++ .....	41
2.2.2 Мова об'єктно-орієнтовного програмування Ruby .....	44
2.2.2 Можливості застосування мови Java .....	46
2.3 Вибір оптимальних засобів побудови та інтеграції спектральних масок передавачів РЕЗ .....	56
<b>3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПОБУДОВИ СПЕКТРАЛЬНИХ МАСОК ПЕРЕДАВАЧІВ.....</b>	<b>59</b>
3.1 Створення інформаційного базису спектральних масок передавачів.....	59
3.2 Розробка програмного забезпечення на основі мови програмування Java ....	61

3.2.1 Інтерфейс розробленого програмного забезпечення та порядок його роботи.....	61
3.3 Інтеграція спектральних масок передавачів у сучасні засоби радіомоніторингу.....	67
3.3.1 Налаштування з'єднання по USB та LAN з Rohde & Schwarz FSH-8.....	67
3.3.2 Налаштування програмного забезпечення R & S FSH4View.....	71
3.3.3 Налаштування і завантаження масок на пристрій Rohde & Schwarz FSH72	
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>76</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>78</b>
<b>ДОДАТОК А .....</b>	<b>87</b>
<b>ДОДАТОК Б .....</b>	<b>109</b>
<b>ДОДАТОК В .....</b>	<b>118</b>

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АРМ	- автоматизоване робоче місце;
АСОД	- автоматизована система обробки даних радіоконтролю;
АСТРК	- автоматизована система технічного радіоконтролю;
БД	- база даних;
БДП	- база даних присвоєнь радіочастот;
БДР	- база даних результатів технічного радіоконтролю;
БС	- базова станція;
ВП	- випромінювальний пристрій;
ДІЗ	- Державна інспекція зв'язку;
ДРВ	- джерело радіовипромінювань
ДРЗ	- джерело радіозавад;
ЕМД	- електромагнітна досяжність;
ЕМО	- електромагнітна обстановка;
ЕМС	- електромагнітна сумісність;
ЗССЗ	- земна станція супутникового зв'язку;
ЗТРК	- засіб технічного радіоконтролю;
МСЕ	- міжнародний союз електрозв'язку;
НДП	- незаконно діючий передавач;
НКРЗІ	- Національна комісія з питань регулювання зв'язку та інформатизації
ПТК	- первинний технічний контроль;

ПТРК	- пункт технічного радіоконтролю;
ПУ	- пункт управління підсистеми ;
РВ	- радіовипромінювання;
РЕЗ	- радіоелектронний засіб;
РК	- радіоконтроль;
РМ	- радіомоніторинг;
РМВ	- радіомовлення;
РП РЧМ	- регіональна підсистема радіочастотного моніторингу;
РРС	- радіорелейна станція;
РТПС	- радіотелевізійна передавальна станція;
РЧМ	- радіочастотний моніторинг;
РЧР	- радіочастотний ресурс;
СЕРТ	- Європейська конференція адміністрацій пошти та зв'язку;
СРК	- станція радіоконтролю;
СРЧМ	- система радіочастотного моніторингу;
СТРК	- система технічного радіоконтролю;
ТБ	- телебачення;
ТРК	- технічний радіоконтроль;
ДП «УДЦР»	- Державне підприємство «Український державний центр радіочастот»;
ШСС	- широкопasmова система;
УРЧМ	- управління радіочастотного моніторингу;
ЦПУ	- центральний пункт управління;

ПЗ - програмне забезпечення;

БД - база даних;

## ВСТУП

Ефективність роботи систем радіочастотного моніторингу (СРЧМ) значною мірою визначається рівнем автоматизації процесів радіомоніторингу. Так, застосування режимів дистанційного управління обладнанням радіомоніторингу в поєднанні з автоматизацією процесу вимірювання і контролю радіовипромінювань РЕЗ дозволяє продуктивніше використовувати ресурси СРЧМ і виконувати більш складні функції. Крім зменшення часу на виконання операцій радіомоніторингу, автоматизація сприяє не лише скороченню кількості персоналу, необхідного для експлуатації станцій радіоконтролю (СРК), а й залученню кваліфікованого персоналу для вирішення пріоритетних завдань, зокрема, для роботи і проведення аналізу результатів радіомоніторингу.

Глобальним напрямком апаратної автоматизації є перехід від автоматизованих режимів роботи засобів радіомоніторингу до напівавтоматичних. Один із таких режимів базується на методі перевірки відповідності параметрів радіовипромінювання передавача на конкретній частоті його спектральній масці (електронному портрету). Для практичної реалізації даного режиму **актуальним** є розробка у відповідності з нормативними документами, загальними та базовими стандартами інформаційного базису і програмного забезпечення алгоритму побудови спектральних «масок» типів передавачів РЕЗ цифрових та аналогових радіотехнологій, які охоплюються системою радіочастотного моніторингу України.

**Метою** дипломної роботи магістра є розроблення алгоритмів для автоматизації процесу узагальнення вимог базових і основних загальних стандартів на технічні параметри передавачів радіотехнологій згідно з “Планом використання радіочастотного ресурсу України”, крім приведених вище, щодо спектральних «масок» радіовипромінювань та формування на їх основі інформаційного базису спектральних масок радіовипромінювання передавачів зазначених радіотехнологій.

В ході виконання роботи вирішено наступні завдання:

– згідно з “Планом використання радіочастотного ресурсу України” і даних із Базы частотних присвоєнь УДЦР визначались вхідні дані для побудови спектральних масок радіовипромінювань передавачів РЕЗ основних 18 радіотехнологій, які охоплюються системою радіочастотного моніторингу України;

– на основі узагальнення вимог базових і основних загальних стандартів структурувались дані і розроблялись спектральні маски на класи радіовипромінювань передавачів РЕЗ заданих 18 основних цифрових і аналогових радіотехнологій;

– у відповідності з розробленими спектральними масками класів радіовипромінювань передавачів РЕЗ створювався у табличному вигляді інформаційний базис з даними щодо параметрів спектральних масок радіовипромінювань і допустимих значень відхилення присвоєних частот по кожному із типів РЕЗ в Базі частотних присвоєнь УДЦР;

– для формування спектральних масок в графічному вигляді та створення в подальшому бази даних розроблявся алгоритм їх автоматизованої побудови у вигляді спеціалізованого програмного забезпечення та алгоритм інтеграції до діючого програмного забезпечення аналізаторів спектру.

## 1 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ НАЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ РАДІОМОНІТОРИНГУ

Обмеженість РЧР на певному етапі розвитку технологій обумовлює його постійний дефіцит і пов'язану з цим необхідність ефективного регулювання його використання.

Складовими процесу регулювання в сфері використання РЧР є:

- планування, яке визначається Національною таблицею розподілу смуг частот (НТ РПЧ) [1];

- розподіл, що закріплюється в Плані використання радіочастотного ресурсу (ПР РЧР) [2];

- спостереження за станом використання РЧР шляхом ведення радіомоніторингу;

- нагляд за використанням РЧР шляхом радіоінспектування .

Найбільш дієвим способом підтримки цілісності процесів використання РЧР є радіочастотний моніторинг (РЧМ), що забезпечує отримання об'єктивної інформації про стан електромагнітної обстановки (ЕМО) і реальний стан використання РЧР держави. Ця інформація є незамінною для забезпечення підвищення ефективності регулювання в сфері використання РЧР, впровадження нових радіотехнологій, систем стандартів та послуг зв'язку. За територіальною ознакою поділяють радіомоніторинг в глобальному (міжнародному або регіональному) і в національному масштабах. За методами і періодичності проведення розрізняють:

- постійний, регулярний радіомоніторинг;

- радіомоніторинг на замовлення (за запитом або вимозі).

Основною метою проведення регулярного радіочастотного моніторингу випромінювань на національному рівні є запобігання несанкціонованого використання радіочастотного ресурсу, виявлення і усунення радіоперешкод мережах зв'язку, що забезпечують надання послуг багатьом користувачам

(наприклад, в мережах стільникового радіозв'язку, широкопasmового радіодоступу, телебачення і радіомовлення). Механізм реалізації цього завдання базується на постійному регулярному контролі технічних параметрів радіовипромінювань, а для певних радіослужб - утримання передач.

У разі появи радіоперешкод здійснюється радіомоніторинг на замовлення, який реалізується шляхом застосування переважно мобільних станцій різного призначення.

Відповідно до положень Довідників з радіоконтролю [4-5] та Регламенту радіозв'язку [4] Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ) функції спостереження за станом використання РЧР покладаються на службу радіочастотного моніторингу. Контроль стану використання РЧР є глобальним завданням служби РЧМ. Для вирішення конкретних завдань в сфері РЧМ технічні ресурси у вигляді сукупності взаємодіючих технічних і програмних засобів об'єднуються в систему радіочастотного моніторингу (СРЧМ), яка здійснює процес ведення РЧМ зі збору, обробці, аналізу, узагальнення та зберігання даних про параметри та характеристики радіовипромінювань та їх джерел. Регулярний радіочастотний моніторинг реалізується шляхом застосування стаціонарних станцій радіоконтролю в зонах радіодоступності стаціонарної компоненти СРЧМ і мобільних станцій загального призначення для радіомоніторингу за межами цих зон і уточнення результатів в їх межах.

### 1.1 Загальні принципи побудови національних систем радіомоніторингу

Побудова національної СРЧМ є одним з необхідних умов забезпечення ефективного функціонування механізмів регулювання використання РЧР будь-якої держави. Основним фактором доцільності побудови СРЧМ є рівень розвитку телекомунікацій, що характеризується кількістю РЕМ, в тому числі з урахуванням перспектив впровадження нових радіотехнологій. Так само слід враховувати кількість порушень у сфері використання РЧР з боку користувачів і кількість випадків впливу радіоперешкод і прогнозоване підвищення ефективності

регулювання використання РЧР за рахунок створення СРЧМ. Слід враховувати також економічну доцільність створення такої системи.

Враховується також перелік конкретних завдань, покладених на СРЧМ, який визначає структуру системи. Наприклад, в разі спрямованості СРЧМ на вирішення завдань радіоконтролю РЕЗ основна увага доцільно приділяти розгортанню стаціонарної мережі СРК в районах підвищеної концентрації РЕЗ з доповненням її мобільними СРК. Рішення задач з пошуку незаконно діючих передавачів і усунення впливу радіоперешкод передбачає використання переважно мобільних СРК, оснащених радіопеленгаторів, і портативних СРК. Рішення завдання оцінювання зайнятості і ступеня використання РЧР базується на використанні стаціонарних і мобільних СРК в комплексі.

Можливості СРЧМ по виконанню покладених на неї завдань в значній мірі визначаються кількістю СРК, задіяних для виконання робіт, їх функціональними і технічними можливостями, а також структурою самої СРЧМ.

Існує три основних принципи побудови національних СРЧМ.

Зональний принцип побудови СРЧМ має на увазі створення зон суцільного покриття у великих містах шляхом розгортання мережі стаціонарних СРМ і віддалених стаціонарних СРМ в невеликих містах регіону з найбільшим зосередженням РЕМ.

Об'єктовий принцип побудови СРЧМ передбачає охоплення виключно великих міст шляхом розгортання в них окремих СРК і використання мобільних СРК з функцією пеленгування. При цьому здійснюється контроль не зон, а конкретних, однотипних груп об'єктів.

Найбільш ефективною структурою СРЧМ при побудові на національному рівні вважається комбінація цих двох принципів у вигляді зонально-об'єктової системи. Така структура дозволяє створити суцільні зони покриття радіоконтролем стаціонарними СРК в великих і середніх містах регіонів і країни в цілому, а доповнена мобільними і переносними СРК може організувати процес моніторингу та по окремих об'єктах, які не потрапляють в область моніторингу стаціонарних СРК.

Загальна організаційна структура СРЧМ визначена в [3]. Додатково покладаючись на рекомендації [5] СРЧМ повинна бути інтегрована в єдину автоматизовану систему управління використання спектра. Для забезпечення вирішення завдань радіомоніторингу на значних територіях структура СРЧМ повинна бути побудована за багаторівневим ієрархічним принципом.

## 1.2 Національна система радіочастотного моніторингу України

СРЧМ України загальних користувачів активно розвивалася протягом останніх 15 років і на сьогоднішній день є однією з найбільших в Європі [6]. Вона була побудована ДП «УДЦР» і за станом на 01.01.2014 р включала до свого складу майже 200 стаціонарних і понад 140 мобільних СРК, в тому числі 6 мобільних вимірювальних лабораторій, одну станцію супутникового радіомоніторингу і одну станцію радіоконтролю в КВ-діапазоні. При цьому всі стаціонарні СРК працюють в автоматизованому режимі, а їх функціональні і технічні можливості повністю відповідають вимогам до станцій радіоконтролю, певним Міжнародним союзом електрозв'язку в [3-5]. Деякі зразки мобільних СРК, спеціалізовані станції радіоконтролю типу ССТК і РМ-ШСД є унікальними. На період проведення досліджень процесом радіомоніторингу були охоплені 107 населених пунктів із загальною кількістю населення 39 млн. людей і загальною кількістю близько 140 тис. РЕЗ з відсотком охоплення не менш 87% в діапазоні частот від 30 МГц до 6 ГГц і понад 75% в смугах частот від 6 ГГц до 40 ГГц.

В умовах дефіциту вільного РЧР для забезпечення необхідних темпів розвитку сфери телекомунікацій існуючої СРЧМ проводиться постійний контроль використання національного РЧР [7], дотриманням користувачами РЧР порядку і правил його використання, виконанням умов наданих ліцензій і дозволів на експлуатацію РЕЗ, своєчасного виявлення і усунення дій радіоперешкод і незаконно діючих передавачів.

Місце, мета, завдання та сфера повноважень СРЧМ в Україні визначаються Законом України "Про радіочастотний ресурс України" [8].

### 1.2.1 Загальна структура системи радіочастотного моніторингу України

Історично так склалося, що СРЧМ України складається з двох окремих систем: СРЧМ в смугах радіочастот загального користування і СРЧМ в смугах радіочастот спеціального користування. При цьому обидві системи функціонують автономно і незалежно один від одного. Взаємодія між ними організовано на рівні надання іншій системі інформації за запитом. СРЧМ в смугах радіочастот спеціального користування складається з підсистем радіомоніторингу дванадцяти центральних органів виконавчої влади [6], які самостійно вирішують питання радіомоніторингу у відповідних смугах радіочастот: Міністерства Оборони, Служби безпеки України та Міністерства внутрішніх справ та ін.

Організаційно СРЧМ в смугах радіочастот загального користування складається з управління радіочастотного моніторингу (УРЧМ), як структурного підрозділу УДЦР та підрозділів радіоконтролю в 26 регіональних філіалах УГЦР [9].

У зв'язку подіями 2014 року в автономній республіці Крим і початком антитерористичної операції (АТО) і в подальшому операції об'єднаних сил (ООС) на сході України, можливості виконання завдань РЧМ в цих регіонах були припинені, а більшість СРК евакуйовані в Київську РП РЧМ (центральну) для подальшого перерозподілу по областях. Внаслідок цього, формально, національна СРЧМ позбулася чотирьох РП РЧМ і зменшення їх кількості з 26 до 22.

В цьому ж році на державному рівні прийнято рішення про проведення щорічного міжнародного аудиту фінансової діяльності підприємства відомими аудиторськими компаніями «великої четвірки».

У слідстві вище перерахованих факторів в середині 2014 році введено нову організаційну структуру, яка орієнтована на вдосконалення виробничих процесів, оптимальне поєднання централізації керівництва і самоврядування на місцях і кардинально відрізняється від раніше запропонованої. На рисунку 1.1 наведена оновлена узагальнена структурна схема ДП «УДЦР».

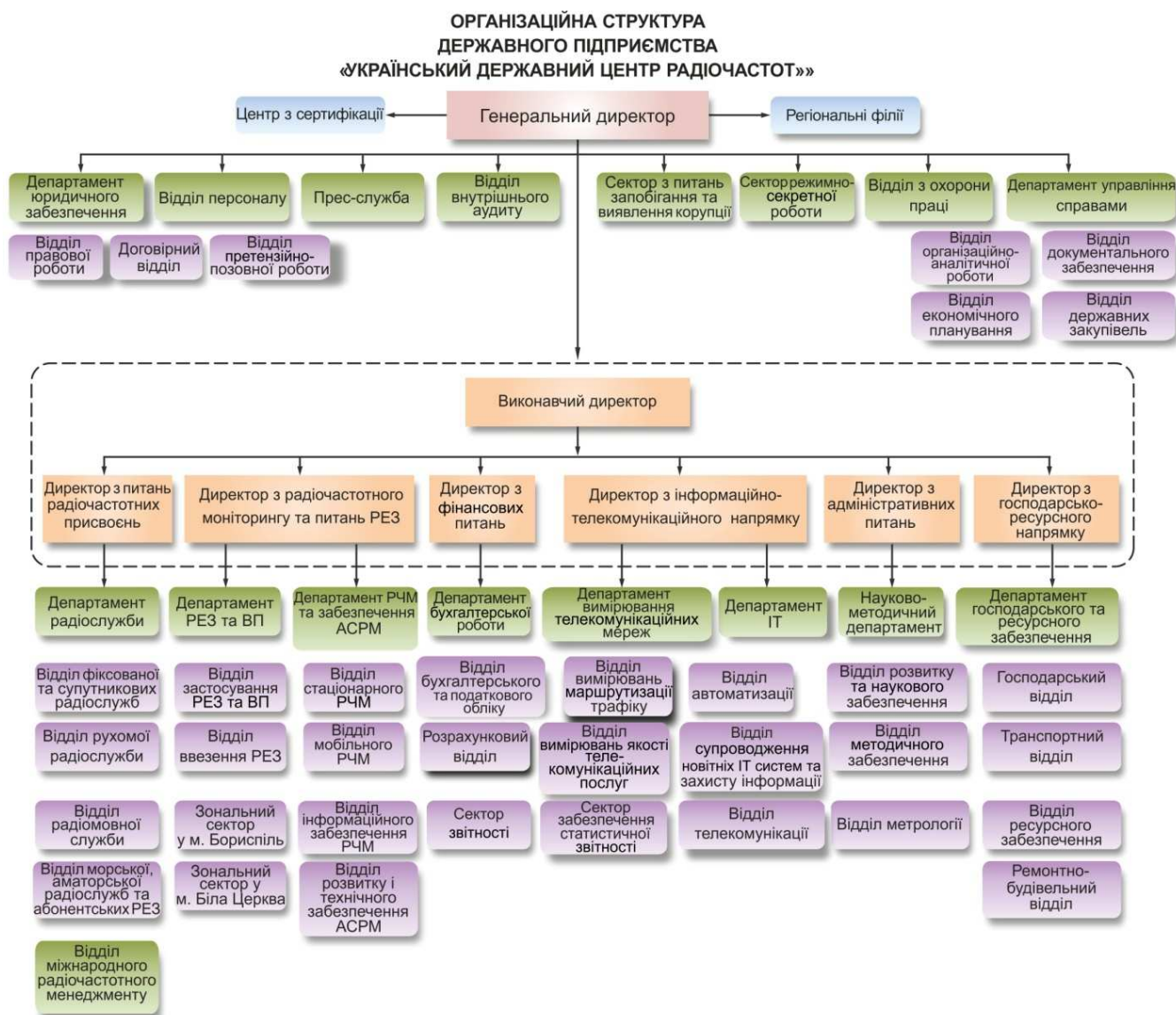


Рисунок 1.1 – Організаційна структура ДП «УДЦР»

З узагальненої структури кардинальні зміни торкнулися перерозподілу регіональних філій УДЦР (РП РЧМ національної СРЧМ). Замість 22 РП РЧМ влаштованих по обласному принципу було запропоновано об'єднання ряду областей в окремі РП РЧМ. Внаслідок такої реорганізації структура національної СРЧМ УДЦР на даний момент включає в себе 9 РП РЧМ (рис. 1.2.).

У Західну РП РЧМ внаслідок реорганізації увійшли Львівська, Волинська, Рівненська та Тернопільська області з регіональним центром у Львові.

Карпатська РП РЧМ на сьогоднішній день включає до свого складу Закарпатську, Івано-Франківську та Чернівецьку області, а її регіональний центр



Рисунок 1.2 – Структура національної СРЧМ на кінець 2014 року

знаходиться в Івано-Франківську.

До Подільської РП РЧМ були віднесені Житомирська, Хмельницька та Вінницька області з урахуванням розташування регіонального центру в м Вінниця.

До складу Північно-східній РП РЧМ через схожість інфраструктури увійшли Харківська, Сумська, Полтавська та Чернігівська області з регіональним центром в Харкові.

Центральна РП РЧМ в даний момент налічує чотири області таких як: Черкаська, Кіровоградська, Дніпровська і Запорізька. Регіональний центр розташовується в м Дніпро.

Південна РП РЧМ з регіональним центром в м Одеса включає до свого складу Одеську, Миколаївську і Херсонську області.

В окремі РП РЧМ виділені Донецька і Луганська області, а так-же АР Крим, які як і раніше входять до складу національної СРЧМ.

Результатом реорганізації стала система радіочастотного моніторингу УДЦР, яка має ієрархічну структуру і включає в себе наступні елементи:

- пункт управління АСРМ в м.Києві;
- РП РЧМ в Києві;
- підрозділи радіоконтролю в РП РЧМ УДЦР;
- управління радіочастотного моніторингу як структурний підрозділ УДЦР.

Технічну основу СРЧМ УДЦР становить автоматизована система радіомоніторингу (АСРМ). Управління РЧМ УДЦР забезпечує виконання завдань радіомоніторингу в Києві і надання допомоги регіональним філіям УДЦР в частині виконання спеціальних формалізованих задач радіомоніторингу та технічного радіоконтролю в регіонах, а також вирішення завдань з виявлення радіоперешкод.

Пункт управління АСРМ призначений для управління і координації робіт з РП РЧМ. Робота починається з планування завдань радіомоніторингу для РП РЧМ і згодом формування завдань для регіону в цілому і окремих віддалених постів РКП [4-8]. Отримана за результатами радіомоніторингу інформація регіонального рівня збирається, обробляється, аналізується і зберігається на центральному ПУ в БД, яка містить останні зміни з урахуванням частотних присвоєнь і РЕМ в РП РЧМ.

На РП РЧМ покладено вирішення завдань радіомоніторингу в межах регіонів (областей). Узагальнена структура РП РЧМ, яка зараз реалізована в більшості регіональних філій ДП «УГЦР» включає до свого складу:

- пункт управління РП РЧМ;
- стаціонарні СРК в обласному центрі;
- віддалені стаціонарні СРК в деяких містах регіону;
- мобільні СРК;
- канали зв'язку для забезпечення взаємодії між ПУ РПРЧМ і РКП. Пункт

управління РП РЧМ оснащений АРМ управління РС-157Р і АРМ обліку частотних присвоєнь і результатів радіомоніторингу РС-135Р.

За своїми функціональними можливостями АРМ РС-135Р здатне забезпечувати:

- планування радіомоніторингу для окремих РКП в складі РП РЧМ;
- супровід, поповнення та збереження адміністративних і технічних даних про частотних присвоєнь і РЕМ, які територіально розташованого в межах області;
- формування звітних документів за результатами радіомоніторингу;
- перевірку функціонування АРМ РС-157Р шляхом надання контрольних завдань;
- підготовку завдань з моніторингу (контролю) роботи окремих РКП;
- розрахунок зон покриття РЕЗ;

За своїми функціональними можливостями АРМ РС-157Р здатне забезпечувати:

- підготовку і видачу завдань на проведення радіомоніторингу для окремих СРК в складі РП РЧМ;
- підготовку і видачу завдань на проведення радіомоніторингу для мобільних СРК;
- отримання інформації за результатами радіомоніторингу від окремих РКП і мобільних СРК;
- обробка результатів радіомоніторингу (в тому числі, узагальнення інформації від декількох СРК у випадках проведення синхронного пеленгування і визначення місцезнаходження ДРВ)
- перевірку функціонування каналів зв'язку з віддаленими СРК;
- накопичення і збереження результатів радіомоніторингу в БД радіо обстановки.

Під час обробки результатів радіомоніторингу, отриманих від окремих стаціонарних і мобільних СРК здійснюється поділ сигналів ДРВ і ідентифікація ДРВ. Це дозволяє виявляти і визначати місцезнаходження незаконно діючих

передавачів, оцінювати завантаження діапазону частот і контролювати параметри сигналів в автоматичному режимі.

Для забезпечення вирішення завдань щодо визначення місцезнаходження ДРВ стаціонарними засобами в обласних центрах розгорнуто мережу з декількох стаціонарних СРК оснащених багатофункціональними комплексами радіомоніторингу з функціями радіопеленгації. При цьому загальна обробка результатів пеленгування для розрахунків місцезнаходження ДРВ виконується на пункті управління РП РЧМ. Багатофункціональні СРК типу РМ-2500р і АІК-С одночасно виконують також завдання щодо виявлення та технічного аналізу радіовипромінень. Віддалені СРК в інших містах області виконують лише завдання виявлення радіовипромінювань і їх технічного аналізу.

Таким чином, в Україні створено структурно складна СРЧМ, яка вирішує великий спектр завдань, спрямованих на регулювання ефективного використання національного РЧР. Її можливості в значній мірі визначаються складом засобів радіомоніторингу, їх кількістю, функціональними і технічними можливостями, а також топологією. Однак, як зазначено в [6], найкращою була б така структура і склад СРЧМ, яка забезпечувала б охопленням кожного населеного пункту мінімум двома стаціонарними пеленгаторами, що є недозвільною «розкішшю» через великі фінансові витрати. У зв'язку з цим виникає необхідність в оцінюванні техніко-виробничо-економічної ефективності процесу ведення системою РЧМ і подальшої оптимізації її структури.

### 1.2.2 Використання аналізаторів спектру у системі радіочастотного моніторингу

Для більшості громадян словосполучення «спектральний аналіз» звучить дуже вже незрозуміло. При цьому ми дуже слабо собі уявляємо, наскільки велика роль спектрального аналізу в нашому житті. Радіомовлення, якісний звукозапис, мобільний зв'язок були б неможливі без застосування аналізатора спектра.

Про необхідність створити подібний прилад в Європі задумалися на початку ХХ століття: бурхливий розвиток радіомовлення і безлічі пов'язаних з ним галузей вимагали нових рішень. В СРСР же розробку нових напрямків і засобів

радіовимірjuвальній техніки довірили спеціально створеному в 1949 році НДІ-11 (сьогодні підприємство називається «Нижегородський науково-дослідний приладобудівний інститут» Кварц »). Саме там і був створений перший вітчизняний спектроаналізатор.

Основне призначення аналізатора спектру це спостереження і вимір розподілу енергії електричних або електромагнітних коливань в смузі частот. Сигнал, як відомо, може бути представлений у двох видах - тимчасове і частотному. Щоб оцінити якесь електричне явище і його зміни в часі, ми використовуємо осцилограф. При цьому, кожне таке явище складається з хвиль, які мають свої фази, амплітуди і т.д. «Побачити» сигнал в частотному поданні і допомагає аналізатор спектру.

Існує безліч областей науки і виробництва, де аналізатор спектру успішно застосовується. Наприклад, бездротові технології зв'язку (Wi-Fi, Bluetooth) або радіомовлення. Кожна служба, кожен передавач або джерело сигналу повинен працювати на своїй, суворо закріпленої за ним частоті. «Коридори» при цьому бувають настільки вузькими, що сигнал неминуче нашаровується один на інший. Різні пристрої створюють перешкоди один для одного. Спектральний аналіз дозволяє побачити межі своєї частоти, і все, що до неї не належить. Відповідно, «зайвий» сигнал або перешкоди можна придушити: «зрізати» або просто приглушити.

Аналогічно спектральний аналіз використовується звукорежисерами для відомості музичних треків. При записи музичного інструменту (або, так само - людського голосу) неминуче виникають перешкоди - їх створює саме устаткування. Шум може бути і не чути людському вуху, але він впливає на загальну якість запису. У хороших програмах для мастерингу завжди присутній хоча б найпростіший спектроаналізатор. На рисунку 1.3 наведено приклад загального вигляду аналізатору спектру.

Допомагає аналізатор спектру і усунути конфлікт частот, якщо два музичних інструменти знаходяться приблизно в одному коридорі. Тим, хто грав в музичних колективах, добре знайома проблема, коли бас і барабанна «бочка»



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд аналізатора спектру

забивають звучання один одного. На екрані пристрою перекриваються частоти добре видно - це допомагає вирішити проблему.

Принцип дії аналізаторів спектру. Розглянемо аналізатор спектру, принцип роботи якого є класичним. Зрозуміло, в сучасних цифрових пристроях більшість аналогових вузлів всієї «внутрішньої ланцюжка» замінюються на більш актуальні або навіть новаторські. Але ідея в цілому залишається незмінною.

Досліджуваний вхідний сигнал проходить крізь атенюатор і фільтр. Звідти він потрапляє на змішувач, на який в цей же момент подається напруга гетеродинна. З змішувача сигнал виходить різницеvim по частоті (тобто не тільки два вихідних сигналу, але і гармоніки, і різниці / суми початкових частот і гармонік). Далі все це «йде» через фільтри, посилюється і потрапляє на детектор. Детектор згладжує його, сигнал оцифровується і виводиться на монітор (рис. 1.4). Звичайно, це в найзагальніших рисах. Кожен конкретний прилад має безліч налаштувань і індивідуальних особливостей. Тому, щоб розібратися, як користуватися аналізатором спектру, потрібно перш за все вивчити інструкцію.

У більшості сучасних спектроаналізаторів є функція «стандартних налаштувань», тобто налаштувань за замовчуванням. Однак грамотний фахівець перед роботою завжди відрегулює прилад так як це йому необхідно. Зазвичай встановлюється центральна частота, або початкова і кінцева в смузі огляду.

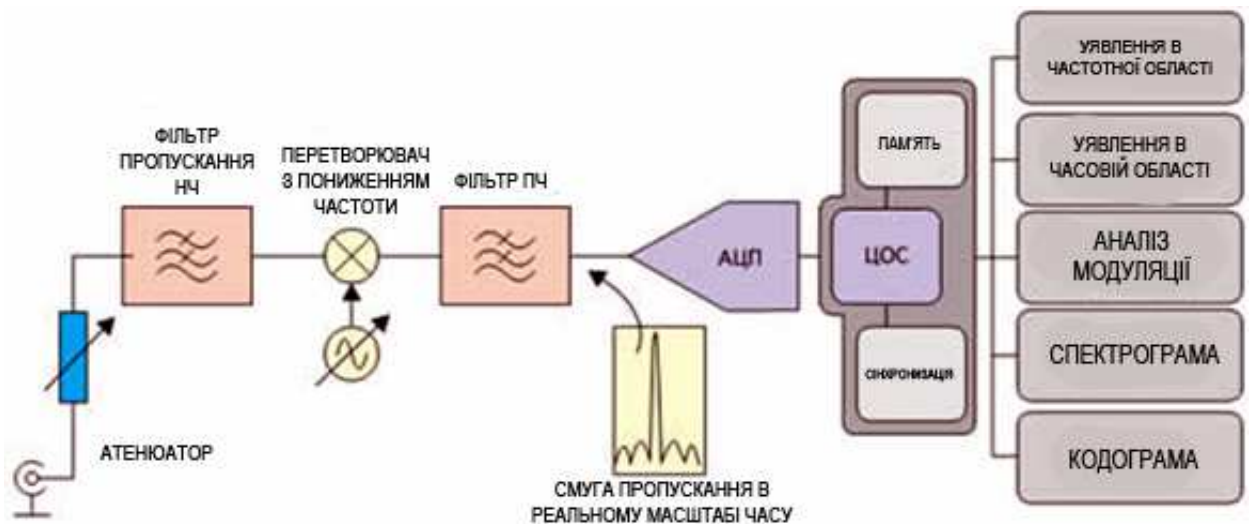


Рисунок 1.4 - Принцип дії аналізаторів спектру

Якщо необхідно, встановлюється зрушення частот. Також задається і сама смуга огляду (зазвичай її встановлюють вдвічі більше, ніж смуга, яку займає сигналом) і параметри амплітуди.

### 1.3 Застосування спектральних масок передавачів для автоматизації процесу радіочастотного моніторингу

Спектр випромінювань дає наочне уявлення про максимальні значення потужності електромагнітних випромінювань на певних частотах. Це результат вимірювань відносини рівнів позасмугових випромінювань до потужності, розподіленої по спектру корисного сигналу в межах каналу. Граничні значення визначаються швидкодією використовуваного вимірювального приладу. Наприклад, далі в таблиці 1 наведені вимоги до спектральної масці випромінювань для вимірювального приладу з швидкодією 3,84 Мвіб/с. Позасмугові випромінювання вимірюються в чотирьох піддіапазонах вище і нижче частоти несучої корисного сигналу (див. Стовець  $\Delta f$ ). Ближче до частоти несучої смугу вимірювань роблять уже, щоб забезпечити високий дозвіл при вимірі параметрів сигналів поблизу неї. На рисунку 1.5 показаний приклад результатів вимірювань з використанням спектральної маски випромінювань.



Рисунок 1.5 – Результати вимірювань з використанням спектральної маски

Маска показана синім кольором. Вона є візуальним відображенням вимог стандартів, відповідність яким перевіряється при вимірах параметрів сигналу. Досліджуваний сигнал показаний жовтим. Числові значення показують, що за всіма чотирма піддіапазону сигнал задовольняє вимогам стандарту. Це швидкий і зручний спосіб перевірки відповідності характеристик виробу вимогам стандарту і виявлення складових спектра, які можуть вийти за встановлену межу.

### 1.3.1 Особливості міліметрового діапазону довжин хвиль

Міжнародний союз електрозв'язку, консорціум 3GPP і інститут IEEE працюють над новим поколінням стандартів для випробувань пристроїв, що працюють в міліметровому діапазоні довжин хвиль. Частоти міліметрового діапазону довжин хвиль вимагають нових підходів до випробувань на відповідність стандартам з використанням спектральних масок випромінювань. Справа в тому, що антенні решітки, виконані за технологією MIMO (множинний вхід - множинний вихід), повинні проходити випробування за новими параметрами, щоб врахувати збільшене число каналів (рис 1.6), а розширення смуги каналу вимагає сканування більш широкого діапазону частот, ніж при існуючих випробуваннях з використанням спектральних масок. З урахуванням

прогнозів значного збільшення кількості пристроїв Інтернету, яке відбудеться з впровадженням стандарту 5G, придушення небажаних випромінювань стає першочерговим завданням.

Прикладом стандартів нового покоління є запропонований інститутом IEEE стандарт 802.11au на мережі WiFi з частотою 60 ГГц (Рис. 1.6).

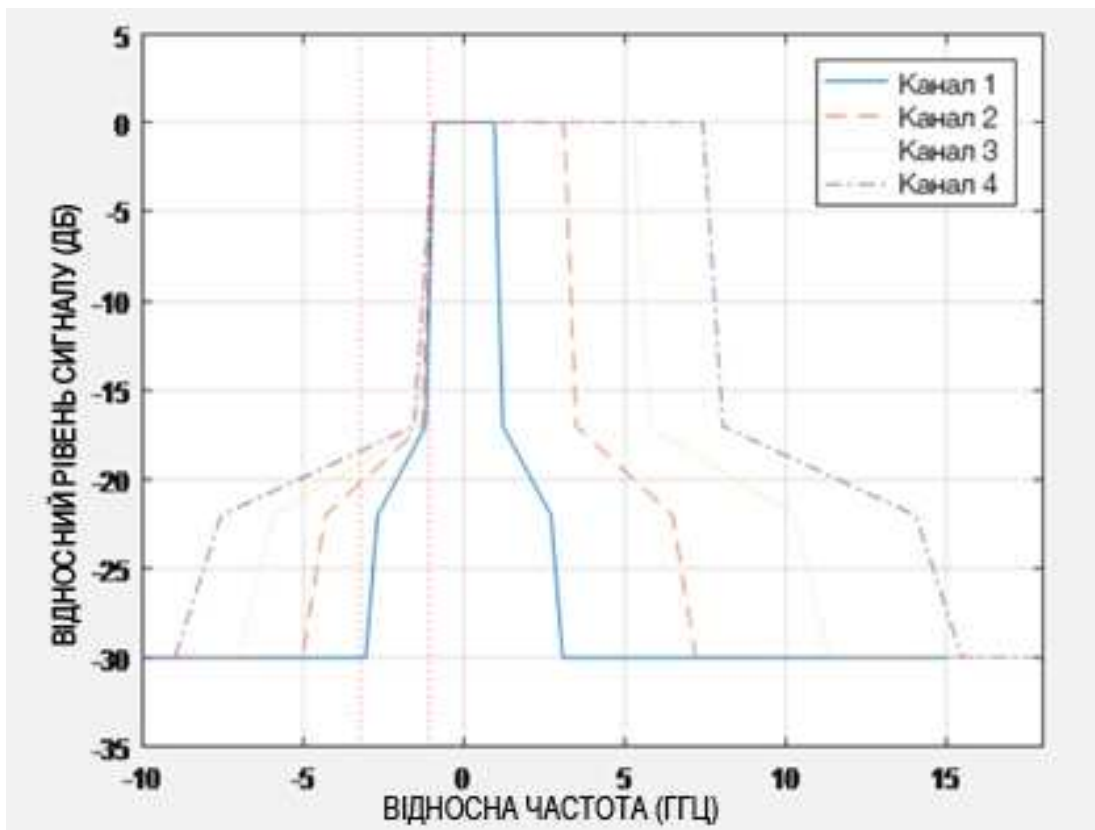


Рисунок 1.6 – Багатоканальна маска сигналу стандарт 802.11

Дана маска враховує наявність до чотирьох пов'язаних каналів з сумарною смугою частот 8,64 ГГц. Вона значно ширше, ніж традиційні маски, що перекривають смугу частот в кілька МГц. Європейський інститут по стандартизації в галузі телекомунікацій (ETSI) запропонував вводити додаткові піддіапазони зміщення від центральної частоти каналу при проведенні випробувань з використанням спектральних масок в міліметровому діапазоні. Рисунок 1.7 - приклад маски з п'ятьма зміщеними піддіапазонами. Тому для

проведення вимірювань в такій широкій смузі потрібні прилади, здатні виконувати швидке сканування і при цьому мають низький рівень власних шумів.

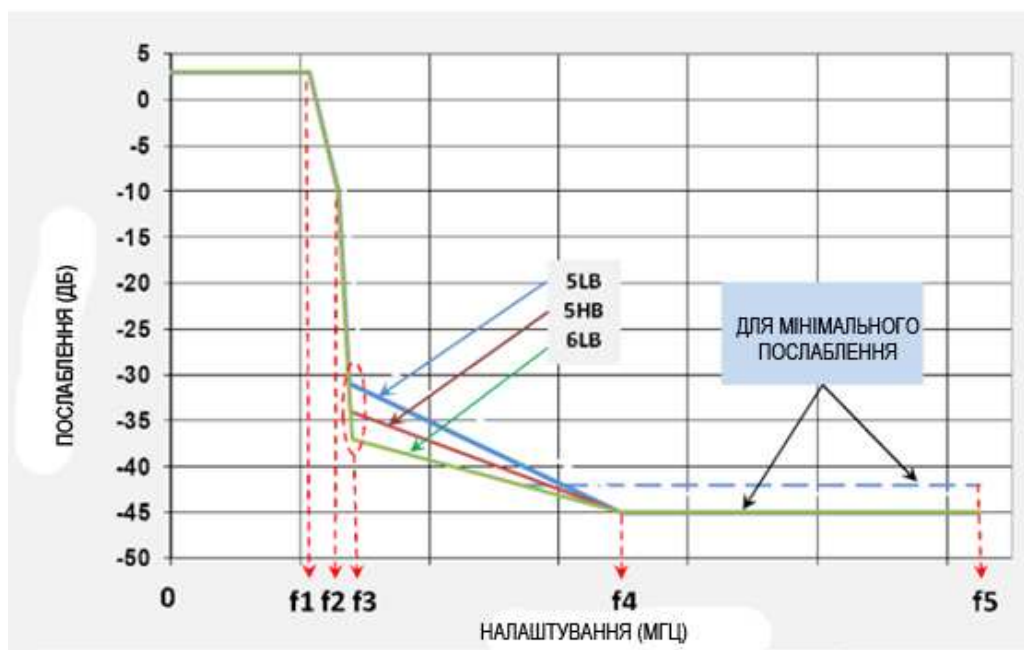


Рисунок 1.7 - приклад маски з п'ятьма зміщеними піддіапазонами

Стандарт 802.11ау пропонує використовувати спеціальні спектральні маски для пов'язаних каналів (рис 1.7). Запропонована інститутом ETSI спектральна маска для сигналів з частотою вище 57 ГГц

### 1.3.2 Розрахунок та застосування спектральних масок передавачів T-DAB та DVB-T

Розглянемо європейський приклад розробки налаштувань випромінювань цифрового звукового радіомовлення [14-15] та цифрового телевізійного мовлення[20] для того, щоб виявити їх відповідність належним спектральним маскам.

В Рекомендації MCE R BS.1660 [15] представлені описи спектральних масок, що визначають межі для позасмугових випромінювань (ВП) передавачів T-DAB (наземного цифрового звукового радіомовлення); містяться описи спектральних масок, що визначають межі для позасмугових випромінювань передавачів DVB-T (цифрового телевізійного мовлення - наземного);

обґрунтовано що ймовірність заподіяння шкідливих перешкод з боку випромінювань T-DAB і DVB-T сусіднім радіослужбам особливо висока через їх прямокутної форми спектра, в результаті чого максимальний рівень сигналу доходить до краю присвоєної смуги частот.

В такому випадку станції контролю повинні вимірювати відповідність з належними масками [15, 20] для будь-якого передавача T-DAB або DVB-T, бажано безпосередньо з ефіру, для захисту сусідніх радіоканалів від шкідливих перешкод, а динамічний діапазон спектроаналізаторів не достатній для вимірювання позасмугових випромінювань від таких передавачів,

З цього, щоб при вимірі відповідності випромінювань T-DAB і DVB-T належним спектральним маскам, використовується метод, описаний далі.

Для захисту сусідніх радіослужб спектральні маски визначаються близько основного випромінювання. Рівень будь-якого поза смугового випромінювання і побічного випромінювання повинен бути нижче маски.

Для передавачів T-DAB в Рекомендації MCE R BS.1660 [15] встановлюються спектральні маски представлені на рис. 1.8

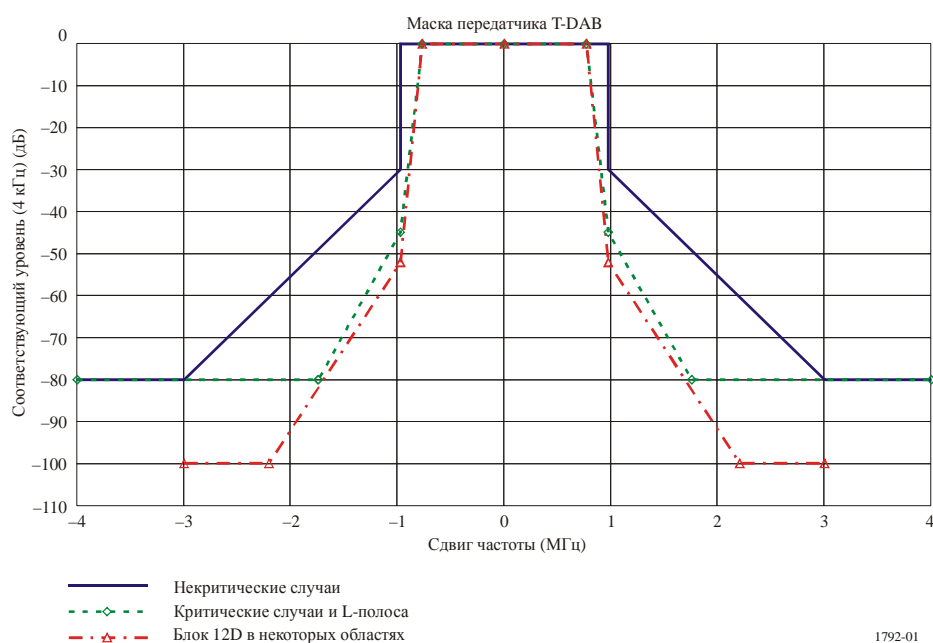


Рисунок 1.8 - Позасмугові випромінювання від передавачів T-DAB

Для передавачів DVB-T встановлюються спектральні маски для систем DVB-T. Як приклад, на Рис 1.9 показана маска для каналу шириною 8 МГц.

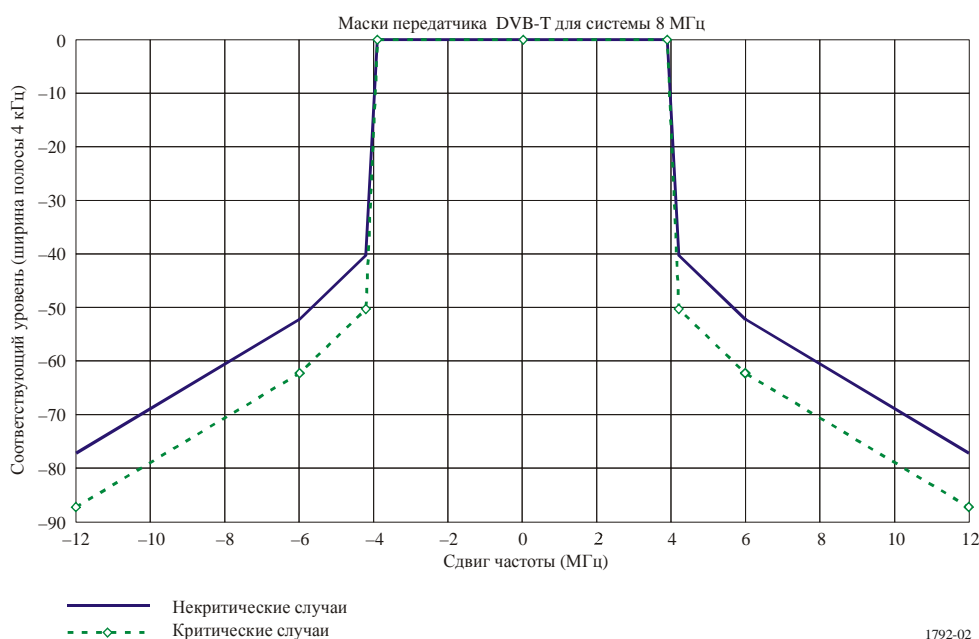


Рисунок 1.9 - Позасмугові випромінювання від передавачів DVB-T 8 МГц

Критична маска в обох випадках повинна бути використана для найнижчого і найвищого каналу в розподіленій смузі частот для захисту сусідніх радіослужб, некритична маска - В середині розподіленої Смуги частот. Нерівномірно розташовані контрольні точки частоти знаходяться на  $\pm 3,9$  МГц і  $\pm 4,2$  МГц. Маска визначає вимірювальний фільтр в 4 кГц.

У цілому, як можна побачити на рисунках 1.8 і 1.9, максимальний рівень випромінювань бічної смуги від передавачів T-DAB і DVB-T може знизитися до рівня -101 дБ в порівнянні з максимальною потужністю в присвоєному каналі, вимірюваної приймачем з такою ж шириною смуги. Для достовірного вимірювання дійсних випромінювань бічний смуги, обладнання для вимірювання повинно мати динамічний діапазон щонайменше 110 дБ [15, 20]. Динамічний діапазон сучасних контрольних приймачів або спектроаналізаторів, рівний приблизно 80 дБ, не достатній для прямого виміру відповідності маскам.

Для підвищення динамічного діапазону приймача вимірювання, сигнал T-DAB або DVB-T повинен бути пропущений через фільтр, що пригнічує основний сигнал і проходить область позасмугових випромінювань. Сигнал, що включає одну бічну смугу в області позасмугових випромінювань, сканується через цей фільтр з дозволом по вузькій смузі пропускання, і записуються отримані в результаті спектральні рівні.

При другому скануванні частотна характеристика фільтра (загасання) записується для того ж діапазону частот. Потім до спектральних рівням, отриманим в результаті першого сканування, додається загасання фільтра для того, щоб отримати істинний, не фільтрований спектр. Досягнутий коефіцієнт посилення в динаміці виміру залежить лише від точності фільтра.

Можливі різноманітні схеми вимірювання для здійснення вимірювань бічний смуги відповідно до описуваних принципом вимірювання. Представлена нижче схема є варіантом з окремими компонентами для приймача, фільтра і контролера вимірювання (рис - 1.10)

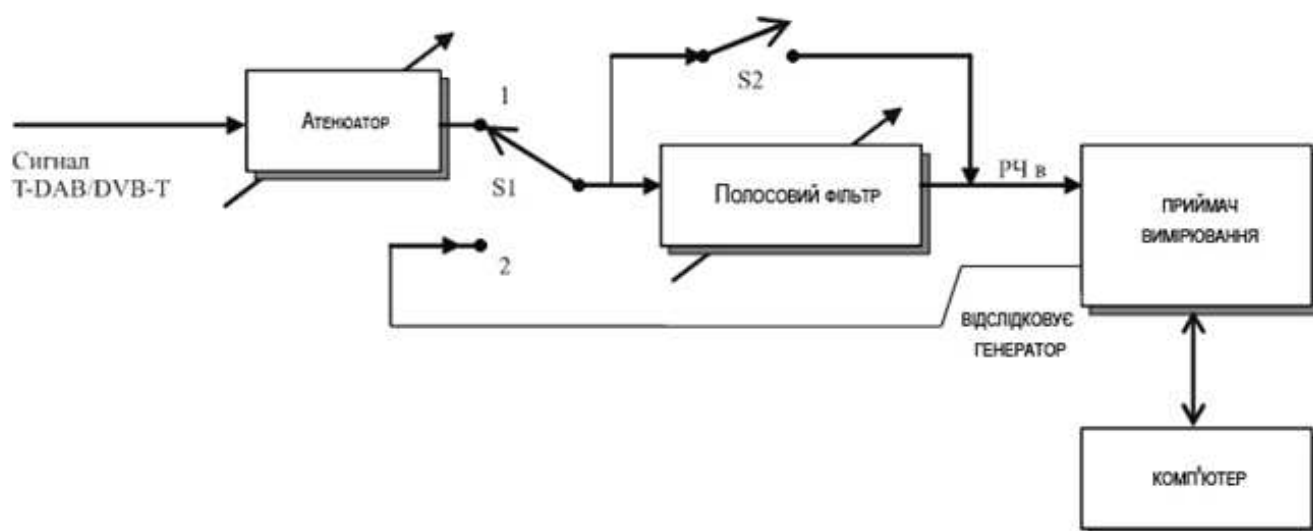


Рисунок 1.10 – Приклад схеми вимірювання

Вимоги, що застосовуються для вищевказаної схеми вимірювання, наведені в таблиці 1.1 [15].

Таблиця 1.1 - Вимоги для прикладу схеми вимірювання

Елемент	Функція, вимога, зауваження
Атенюатор	Для настройки вхідного рівня сигналу T DAB / DVB T на максимальну величину, яку приймач може обробити без перевантаження. Сходишки настройки: 1 дБ.
Фільтр	Для придушення основного сигналу T DAB / DVB T при обході випромінювань бічної смуги. Може бути смуговим фільтром або вузькосмуговим фільтром. Якщо використовується смуговий фільтр, то смуга пропускання шириною мінімум 3 дБ повинна бути 8 МГц для вимірювань DVB-T і 2 МГц для вимірювань T-DAB. Необхідно, щоб фільтр можна було налаштувати всередині необхідного частотного діапазону.
Приймач	Для запису спектральних рівнів. Він повинен бути обладнаний відстежує генератором і інтерфейсом для забезпечення можливості дистанційного керування і зчитування даних. Роздільна здатність по смузі пропускання повинна бути між 3 кГц і 8 кГц (бажано 4 кГц). Датчик: бажано RMS, альтернативний варіант AV.
Комп'ютер	Для контролю приймача і зчитування даних про рівень. Він повинен бути оснащений відповідним інтерфейсом для з'єднання з приймачем (наприклад, LBC або IEEE 488).

Крім іншого також можливі наступні альтернативні варіанти конфігурацій вимірювання: всі компоненти можуть бути включені в один пристрій спеціально призначене для проведення автоматичних або напівавтоматичних вимірювань випромінювань бічний смуги T-DAB/DVB-T; приймач може бути спектроаналізатором; Приймач/аналізатор може включати в себе функції комп'ютера; замість вбудованого відслідковує генератора може бути використаний

генератор зовнішнього сигналу. Частота генератора сигналу повинна контролюватися комп'ютером синхронно з приймачем/аналізатором.

Для пояснення процедури вимірювання, представленої нижче, ми використовуємо приклад, в якому ми хочемо виміряти верхню бічну смугу сигналу DVB T шириною 8 МГц, що передається на 650 МГц.

Вимірювання випромінювань бічної смуги сигналу T-DAB/DVB-T може бути вироблено як на випробувальному виході передавача, так і безпосередньо з ефіру. Для того щоб забезпечити достатній рівень сигналу при проведенні вимірювань безпосередньо з ефіру, місце для проведення вимірювань вибирається в основному промені, ближче до передавача. Проте, навіть якщо існує вільна пряма видимість до антени передачі, відображення можуть викликати частотно-виборчі спотворення сигналу. Для вимірювань бічної смуги необхідно, щоб прийом сигналу T-DAB/DVB-T здійснювався без відображення. Для забезпечення цього, сигнал або відбивається на екрані спектроаналізатора, або сканується вручну з використанням приймача. Нерівномірність основного сигналу T-DAB/DVB-T повинна бути в межах 2 дБ.

При першому випробуванні необхідно виміряти максимальний рівень сигналу T-DAB/DVB-T, який приймач може обробити без перевантаження. Цей рівень не слід виключати з специфікацій приймача, тому що вони визначають лише динамічний діапазон для не модульованих несівних. Для широкосмугових модульованих сигналів, таких як T-DAB/DVB-T, максимальний рівень значно нижче. Для того щоб це визначити, сигнал T-DAB/DVB-T з'єднується з приймачем (без фільтра, комутатор 2 на малюнку 3 заблокований), але після регульованого атенюатора. Приймач налаштовується на такий же дозвіл по смузі пропускання, і на такий же датчик, як і для проведення фактичного виміру (наприклад, RMS 3 кГц). Ослаблення ПЧ і РЧ повинні бути встановлені на 0 дБ. Якщо є попередні підсилювач, його необхідно включити.

З аналізу наведеного вище, можна зробити висновок, що найкритичніший частотний діапазон, в якому відбувається перевантаження приймача, - це діапазон відразу за межами "крайніх" частот блоку T-DAB/DVB-T.

### 1.3.3 Аналіз державних та європейських стандартів, рекомендацій та нормативних документів

Було проведено аналіз державних та європейських стандартів, рекомендацій та нормативних документів [15-47] використання різних РЕЗ представлених в Україні радіотехнологій. Визначені типи РЕЗ для кожної з радіотехнологій що дає можливість побудувати спектральні маски їх передавачів і допустимі відхилення частот. Для прикладу в роботі наведено результати аналізу роботи РЕЗ мультисервісного та мультимедійного радіо доступу, радіорелейних систем зв'язку та широкосмугового радіо доступу.

На основі аналізу державних та європейських стандартів, рекомендацій та інших нормативних документів, що регламентують роботу РЕЗ мультисервісного радіодоступу (MMDS) в діапазоні частот від 2,3 ГГц до 10,65 ГГц, визначені 26 типів РЕЗ MMDS загального призначення та за цими даними побудовані спектральні маски їх передавачів і допустимі відхилення частоти.

На основі аналізу рекомендованих державних та європейських стандартів, рекомендацій та інших нормативних документів, що регламентують роботу РЕЗ мультимедійного радіодоступу (MVDS) в діапазоні частот від 40,5 ГГц до 42,5 ГГц, визначені 4 типи РЕЗ MVDS та за цими даними побудовані спектральні маски їх передавачів і допустимі відхилення частоти.

На основі аналізу рекомендованих державних та європейських стандартів, рекомендацій та інших нормативних документів, що регламентують роботу РЕЗ цифрового радіорелейного зв'язку в діапазоні частот від 3,4 ГГц до 40,5 ГГц, визначені 608 типів РЕЗ радіорелейного зв'язку та за цими даними визначені спектральні маски передавачів і допустимі відхилення частоти.

На основі аналізу рекомендованих державних та європейських стандартів, рекомендацій та інших нормативних документів, що регламентують роботу РЕЗ широкосмугового радіодоступу (ШСРД) в діапазоні частот від 1,350 ГГц до 6 ГГц (включаючи аналіз технічної документації конкретних засобів), визначені 410 типів РЕЗ ШСРД, та за цими даними побудовані спектральні маски передавачів і допустимі відхилення частоти.

Дані щодо допустимих значень відхилення частоти в формі спектральних масок радіовипромінювання передавачів фіксованої радіослужби не враховані, так як згідно стандарту ETSI EN 302 326-2 v1.2:2(2007-06) розділ 5.3.4.1 (с. 25): «The mask does not include frequency tolerances, therefore the mask is related to the actual carrier centre frequency ( $f_0$ ). – англ.» («Маска не містить частотних допусків, тому маска зв'язана з фактичним значенням центральної частоти носівної ( $f_0$ ). – укр.)».

Результатом проведеного аналізу стало створення інформаційного базису для подальшої розробки і впровадження в процес ТРК електронної бази даних спектральних масок і її інтеграції у діюче програмне забезпечення РС-135 Р (32/64), РС-135 У (32/64), РС-157 Р (32/64), РС-157 У (32/64), ScanXpert. Більше детально результати створення інформаційного базису наведено у розділі 3.

## 2 ПОБУДОВА СПЕКТРАЛЬНИХ МАСОК ПЕРЕДАВАЧІВ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ

### 2.1 Алгоритм побудови спектральних масок передавачів РЕЗ

Вихідними даними для побудови спектральних масок була обрана вибірка типів РЕЗ з бази даних частотних присвоєнь Державного підприємства «Український державний центр радіочастот», що відрізняються або діапазоном робочих частот, або класом випромінювання, або типом моделюючого коду. На рис. 1а представлений фрагмент вихідних даних для декількох типів передавачів РЕЗ радіотехнології широкосмугового радіодоступу, що працює в діапазоні частот від 1,35 ГГц до 6 ГГц.

ID	кількість	назва/тип РЕЗ	A/D	мін_част	макс_част	клас випромінювання	поз-сть	код	модуляція	Нормативні посилання	
1	2249	5	MicroMAX 1,5G "Airspan	D	1427	1492	1M75D7W	16	QAM	16-QAM	[2], [1] (0, 4)
2	2338	0	MicroMAX 1,5G "Airspan	D	1427	1492	5M00D7W-	64	QAM	64-QAM	[2], [1] (0, 6)
3	1159	79	AS.MAX MicroMAX 1,5G	D	1430	1492	3M50D7W-	64	QAM	64-QAM	[2], [1] (0, 6)
4	1045	524	AS WipLL 1,5GHz (BSR)	D	1427	1525	1M33 F7D	64	QAM	64-QAM	[2], [1] (0, 6)
5	1070	10	BS-1785-RU-A	D	1785	1805	5M00D7W-	64	QAM	64-QAM	[1] (0, 6)
6	2228	27	McWill Micro BTS	D	1785	1805	5M00D7W-	64	QAM	64-QAM	[1] (0, 6)
7	2326	8	Base Station System XW	D	1785	1805	5M00D7W-	64	QAM	64-QAM	[1] (0, 6)

смуга (МГц)	на рівні (дБ)	смуга (МГц)	на рівні (дБ)	смуга (МГц)	на рівні (дБ)	смуга (МГц)	на рівні (дБ)	смуга (МГц)	на рівні (дБ)	смуга (МГц)	на рівні (дБ)	смуга 5 x CS (МГц)	
1,75	-8	1,75	-27	2,5	-32	3,7	-50	7				-50	8,75
5	-8	5	-32	7,2	-38	10,6	-50	20				-50	25
3,5	-8	3,5	-32	5	-38	7,4	-50	14				-50	17,5
1,33	-8	1,33	-32	1,9	-38	2,8	-50	5,4				-50	6,7
5	-8	5	-32	7,1	-38	10,5	-50	20				-50	25
5	-8	5	-32	7,1	-38	10,5	-50	20				-50	25
5	-8	5	-32	7,1	-38	10,5	-50	20				-50	25

Рисунок 2.1 - Табличний вигляд результатів розробки спектральних масок передавачів РЕЗ радіотехнології широкосмугового радіодоступу

На підставі відповідних стандартів і нормативних документів [6] (рис. 1в) формувалися спектральні маски радіовипромінювань передавачів РЕЗ в табличному вигляді (рис. 1б).

Аналогічний алгоритм використовувалася при розробці спектральних масок всіх типів передавачів РЕЗ 26 використовуваних в Україні радіотехнологій.

Слід враховувати також норми на ширину смуги радіочастот і позасмугові випромінювання. Необхідна ширина смуги частот є вихідним параметром при нормуванні ширини смуги радіочастот та позасмугових випромінювань і визначається за формулами наведеними в [6-9]. При розрахунку необхідної ширини смуги частот повинні використовуватися передбачені цими нормами параметри модуляції, що відносяться до даного класу випромінювання і типу радіосигнали пристрою. Для систем цифрової передачі при використанні фільтрів формування цифрових імпульсів необхідно враховувати коефіцієнт пропускання фільтра з косінусоїдальним спадом або його апроксимацію.

Норми на контрольну ширину смуги частот визначаються на рівні мінус 30 дБ щодо заданого (вихідного) рівня 0 дБ. Для деяких типів радіолокаційних станцій визначається на рівні мінус 40 дБ.

Норми на позасмугових випромінювання встановлені за значеннями ширини смуги частот радіовипромінювання на рівнях  $X$  дБ рівних мінус 40, мінус 50 і мінус 60 дБ ( $B_{-40}, B_{-50}, B_{-60}$ ) щодо заданого (вихідного) рівня 0 дБ.

Нормовані значення ширини смуги на цих рівнях визначаються за формулами, наведеними в [6-9], з'єднання нормованих точок, координати яких по осі ординат відповідають зазначеним вище рівнями, а по осі абсцис - логарифму щодо розладу від несучої частоти по частоті, дає обмежувальну лінію для позасмугового спектра.

При нормуванні параметрів спектра випромінюваних сигналів стандартизованих технологій необхідно використовувати спектральні маски.

Контроль ширини смуги радіочастот та позасмугових випромінювань здійснюється шляхом виміру контрольної ширини смуги частот і ширини смуги частот за рівнями мінус 40, мінус 50 і мінус 60 дБ щодо нульового.

Для прикладу розглянемо вибірку зі стандарту [6-9]. Маски спектра для обладнання радіодоступу для бездротової передачі даних стандарту 802.11n

наведені на рисунках 2.2, 2.3. Класи випромінювань для стандарту 802.11n наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Параметри випромінювань стандарту 802.11n

№ п/п	Найменування параметру	Значення параметру
1	Модуляція	OFDM BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
2	Клас випромінювання	20M0G7W, 20M0D7W, 40M0G7W, 40M0D7W

Приклад 1: Режим вимірювань:

1. Ширина смуги пропускання по ПЧ - 100 кГц.
2. Смуга огляду - 100 МГц.
3. Ширина смуги частот відеофільтру - 30 кГц.

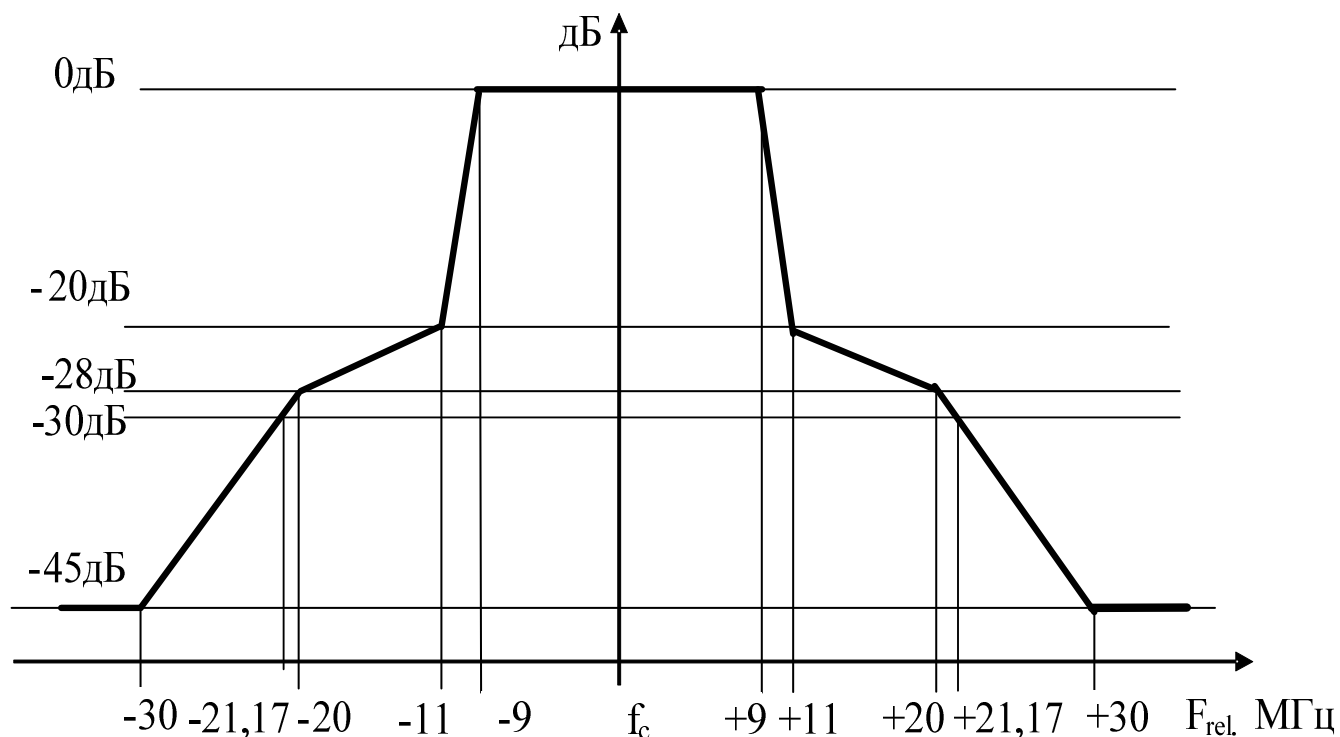


Рисунок 2.2 - Маска спектра сигналу для стандарту 802.11n при частотному розносі каналів 20 МГц

Приклад 2: Режим вимірювань:

Ширина смуги пропускання по ПЧ - 100 кГц.

Смуга огляду - 120 МГц.

Ширина смуги частот відеофільтру - 30 кГц.

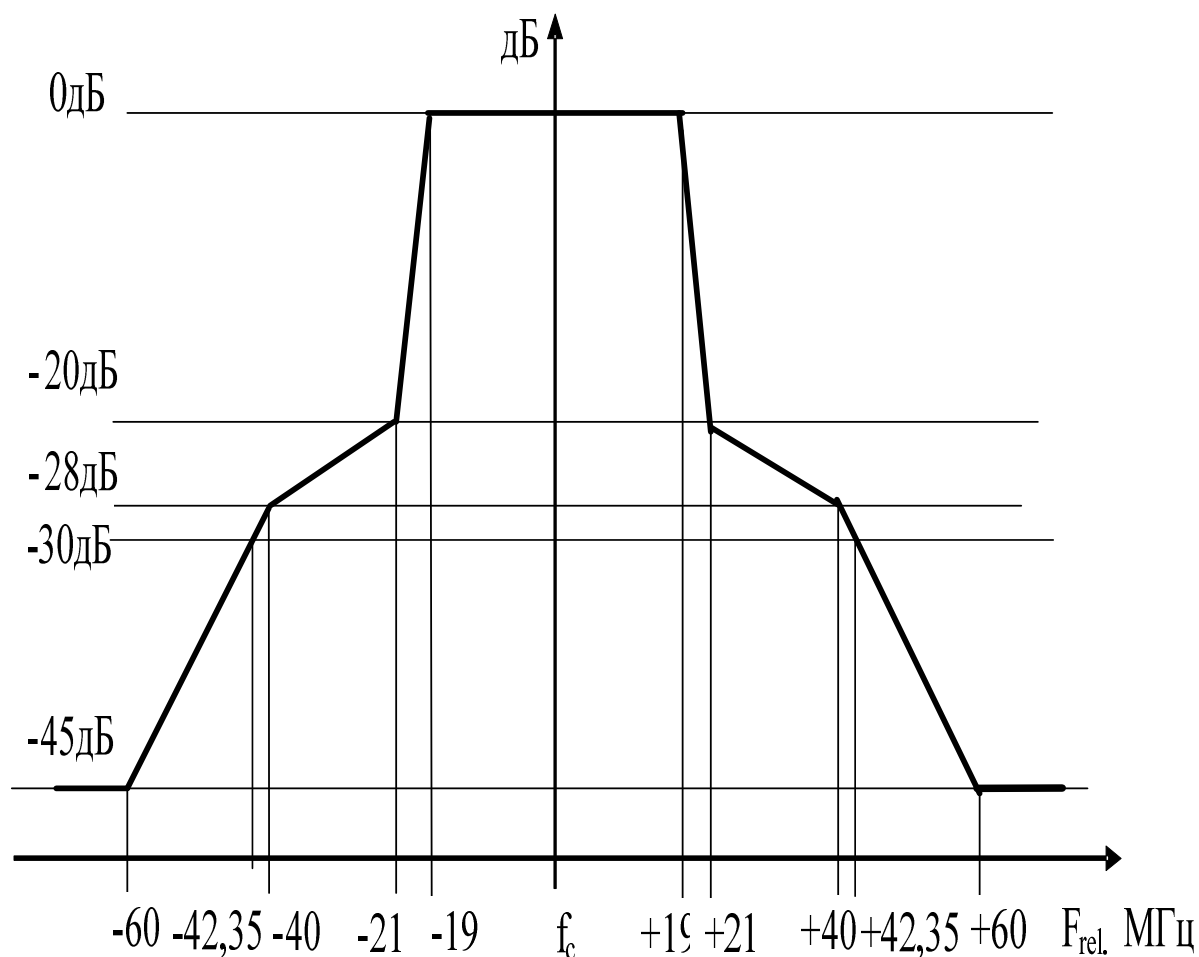


Рисунок 2.3 - Маска спектра сигналу для стандарту 802.11n  
при частотному розносі каналів 40 МГц

Велика кількість спектральних масок наведена у нормативних документах не в повній формі. Вони мають вигляд половинчастого графіку, що повинен бути дзеркально відображений для подальшого представлення в графічній формі і використання в аналізаторах спектру. Приклад опису одного з таких стандарті наведено на рисунку 2.4.

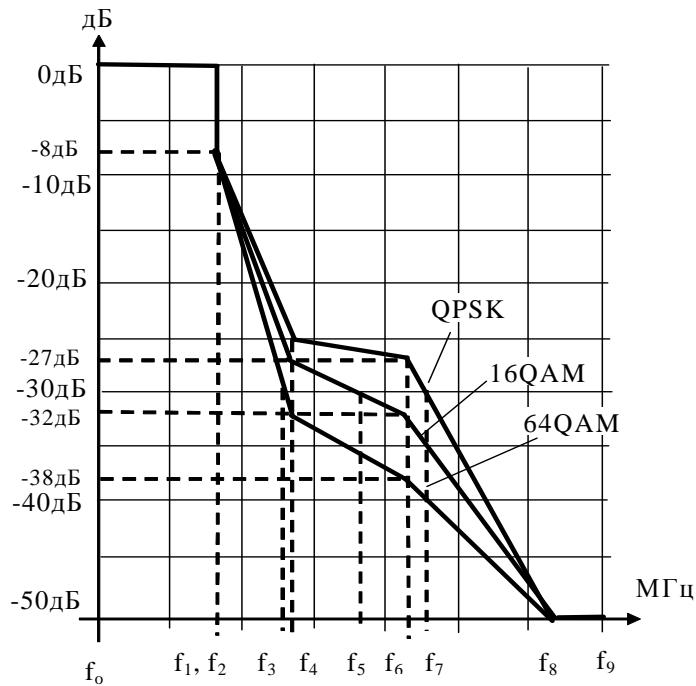


Рисунок 2.4 – Половинчата маска для дзеркального відображення

На ньому наведено маску спектра для стандарту 802.16 діапазону частот 2-11 ГГц для режимів OFDM, OFDMA Ширини смуги пропускання по ПЧ – 100 кГц. Ширина смуги частот відео фільтра – 30 кГц.

Приведення масок такого вигляду до стандартних умов теж викликало значну кількість механічної роботи під час створення бази даних та розробки алгоритму побудови масок та роботи в цілому.

Для аналітичного опису та графічного представлення спектральних масок передавачів, що охоплюють основні та позасмугових випромінювання, був обраний метод кусково-лінійної апроксимації обвідної реального енергетичного спектру

$$M(\Delta f) = M_1(\Delta f_i) + M_2 \lg \frac{[\Delta f]}{\Delta f_i}, \quad (2.1)$$

де  $M(\Delta f)$  - значення обвідної при розстроюванні щодо центру спектра на величину  $\Delta f$ ;  $M_1(\Delta f_i)$  - значення потужності випромінювань на краю смуги (в дБ) щодо деякого вихідного рівня (прийнятого за 0 дБ);  $i$  - номер функції, що

апроксимується ділянки обвідної;  $M_2$  - нахил обвідної спектра в межах смуги  $\Delta f_i$ , що характеризує швидкість зменшення потужності спектральних складових і визначається як

$$M_2 = \frac{M(\Delta f_{i+1}) - M(\Delta f_i)}{\lg(\Delta f_{i+1}) - \lg(\Delta f_i)}. \quad (2.2)$$

Перевагою даного методу є доступність вихідних даних, так як він взятий за основу в стандартах ETSI, а також незначний обсяг обчислень.

Розглянемо нижче мови програмування, що дозволять реалізувати процес автоматизованої побудови спектральних масок передавачів всіх радіотехнологій на високому рівні, економічно доступні і з забезпеченням швидкості виконання поставлених завдань.

## 2.2 Аналіз сучасних засобів програмування

### 2.2.1 Порівняльний аналіз мов програмування Python та C++

Мова програмування Python була розроблена в кінці XX століття, але все більше і більше набирає свою популярність не тільки серед досвідчених програмістів, а й в області навчання мовам програмування.

Python інтерпретується як об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня з динамічною типізацією, автоматичним управлінням пам'яттю і зручними високорівневими структурами даних, такими як списки, кортежі і словники. Підтримує класи, модулі, обробку винятків, а також багатопотокові обчислення. Перевагою мови є те, що він володіє простим і виразним синтаксисом, підтримує структурний, об'єктно-орієнтоване, функціональне і аспектно-орієнтоване програмування [50-57].

Мова програмування Python ефективний засіб з точки зору розробника спеціалізованого ПЗ. Програми містять набагато менший обсяг коду, ніж на багатьох інших мовах, реалізуючи однотипний функціонал. Простий синтаксис

дозволяє легко читати код програми, що дозволяє уникнути більшої кількості проблем з налагодженням і розширенням програм. Це також є перевагою при виборі мови початківцям програмістам.

Одним з початкових понять при вивченні програмування є поняття змінної. Для успішного навчання написання оптимального програмного коду дуже важливо зрозуміти, що таке змінна, навчитися зберігати в ній дані і використовувати їх в програмах.

Поняття змінної в мові програмування C ++ як і в мові програмування Паскаль тотожне: під змінної розуміють поіменованій ділянку пам'яті, в якому зберігається значення певного типу. Іншими словами змінна - це іменована область пам'яті для зберігання даних, які можуть змінюватися в процесі виконання програми. Виходячи з визначення, відмітними характеристиками даного поняття є тип, ідентифікатор і значення. Імена і типи змінних вказуються при описі і не можуть змінюватися в процесі виконання програми. У Паскалі тип змінної оголошується після службового слова `var`, в розділі опису змінних.

У мові C ++ змінна може бути оголошена в будь-якому місці програми. Мінусом є те, що створена змінна, нехай в ній навіть нічого не зберігається, в Паскаль і C ++ вже займає певний обсяг оперативної пам'яті комп'ютера. І цей обсяг, в свою чергу, залежить від типу змінної.

Синтаксис мови програмування C ++ спрощує синтаксис мови програмування Паскаль. А Python, в свою чергу, спрощує синтаксис мови C ++. Тому Python має багато схожого з C ++, але також вирішує більш широкий спектр питань, ніж його попередники.

У мові програмування Python змінна є найпростішим покажчиком на значення певного типу. Тому вона ініціалізується привласненням деякого ідентифікатором значення за допомогою оператора присвоювання. Таким чином, ще одна перевага мови Python полягає в тому, що змінні не займають стільки місця в оперативній пам'яті комп'ютера. Тип змінних в даному мові не оголошується, він визначається автоматично при виконанні оператора присвоювання.

Існують різні класифікації типів даних. Наприклад, типи даних підрозділяються на стандартні і задані користувачем. До стандартних типів даних відносяться `int` (цілий), `float` (речовинний з плаваючою точкою), `char` (символьний), `string` (строковий). До типів даних, заданих користувачем, відносяться масиви і структури.

Найпоширенішою спрощеною структурою, реалізованої практично у всіх мовах програмування, є масив. Розглянемо докладніше використання масивів в мовах програмування Паскаль, C++ і Python.

Масиви складаються з обмеженого числа компонент одного і того ж типу. Структура масиву однорідна, до будь-якої його компоненті можна звертатися довільним чином і отримати потрібного об'єкта по його індексу.

У мові Паскаль тип масиву задається з використанням спеціального слова `array` (англ. - масив), після чого вказується тип індексу масиву і тип елементів масиву. За допомогою індексу можна звертатися з окремих елементів будь-якого масиву, як до звичайної змінної заданого типу: можна отримувати значення цього елемента, окремо привласнювати йому значення, використовувати його в виразах. Недоліком мови Паскаль є те, що змінні в масиві можна перебирати з інтервалом рівним 1 у прямому або зворотному порядку за допомогою стандартного циклу обходу (цикл `for` - цикл з параметром).

Доопрацювання мови програмування C++ дозволила ширше використовувати всі можливості роботи з масивами. При ініціалізації масиву можна задати його розмір, але не описувати його значення, можна задати розмір і тут же описати цей масив, а можна описати масив, не ставлячи при цьому його розміру.

Важливою відмінністю є також те, що можна перебирати елементи масиву не тільки в прямому і зворотному порядку, а так само встановлювати інтервал перебору елементів за допомогою того ж стандартного циклу обходу. Це є значним плюсом мови C++ в роботі з масивами, а також переваги даної циклічної конструкції `for`.

### 2.2.2 Мова об'єктно-орієнтовного програмування Ruby

Авторство розробки мови належить Юкіхіро Мацумото. Перша версія з'явилася в 1995 році. Головною особливістю являється фактична відсутність процесу компіляції – програма просто аналізується і покомандно виконується. Виходячи із концепції програмування на Ruby, помилки в програмі можна визначити лише при запуску чи під час роботи програми, адже попередня перевірка синтаксису по суті не виконується.

Із суттєвих особливостей (недоліків) варто відмітити відсутність множинного наслідування, як наприклад в мовах C++, PHP, Python чи Delphi [57-68].

До функціоналу мови Ruby можна віднести лаконічний і простий синтаксис, частково розроблений під впливом Ада, Eiffel і Python, може обробляти виключення в стилі Java і Python. Повністю об'єктно-орієнтована мова програмування. Містить автоматичний прибиральник сміття, що працює для всіх об'єктів Ruby, в том числі для зовнішніх бібліотек.

Створення розширень для Ruby на Сі дуже просте частково через нескладне і зручне API. Підтримує цикли з повною привязкою до змінних. Цілі змінні в Ruby автоматично конвертуються між типами Fixnum (32-розрядні) і Bignum (більше 32 розрядів) залежно від їх значення, що дозволяє виконувати цілочисельні математичні розрахунки з як завгодно великою точністю. Не вимагає попереднього оголошення змінних, хоча для інтерпретатора бажано, щоб змінні присвоювались порожнє значення nil (тоді інтерпретатор знає, що ідентифікатор вказує на змінну, а не ім'я методу).

Мова використовує прості домовленості для визначення області видимості. Може динамічно завантажувати розширення, якщо це дозволяє операційна система. Має незалежну від ОС підтримку багатопоточності. Ruby перенесена на багато платформ. Вона розроблялася на Linux, але працює на багатьох версіях Unix, DOS, Microsoft Windows, Mac OS, BeOS, OS / 2 і т. д. Можливості Ruby Може обробляти винятки в стилі Java і Python. Дозволяє перевизначати оператори, які насправді є методами. Повністю об'єктно-орієнтована мова

програмування. Всі дані в Ruby є об'єктами в розумінні Smalltalk. Єдиний виняток — керівні конструкції, які в Ruby на відміну від Smalltalk не є об'єктами. Наприклад, число «1» — це екземпляр класу Шаблон:RDoc. Також можна додавати методи в клас і навіть в конкретний екземпляр під час виконання програми. Не підтримується множинна спадковість, взамін може використовуватись концепція MixIn, основана в даній мові на основі механізмів модулів. Містить автоматичний прибиральник сміття. Він працює для всіх об'єктів Ruby, в тому числі для зовнішніх бібліотек.

Створення розширень для Ruby на C дуже просте завдяки збору сміття, та нескладного і зручного API. Підтримує цикли з повною прив'язкою до змінних. Підтримує блок коду (код взятий в { ... } або do ... end). Блоки можуть використовуватись в методах або перетворюватись в цикли. Не вимагає попереднього оголошення змінних, хоча для інтерпретатора бажано, щоб змінній присвоювалось порожнє значення nil (тоді інтерпретатор знає, що ідентифікатор вказує на змінну, а не на ім'я методу). Мова використовує прості домовленості для визначення області видимості. Приклад: просто var — локальна змінна, @var — змінна екземпляра (член або поле об'єкта класу), @@var — змінна класу, \$var — глобальна змінна. Безпосередньо в мові Ruby реалізовано багато шаблонів програмування, так, наприклад, «одинак» (англ. singleton) може бути реалізований додаванням потрібних методів одному конкретному об'єктові. Може динамічно завантажувати розширення, якщо це дозволяє операційна система. Має незалежну від ОС підтримку невитискальної багатонитевості. Перенесена на багато платформ.

Мова розроблялася на GNU/Linux, але працює на багатьох версіях Unix, DOS, Microsoft Windows (частково, Win32), Mac OS, BeOS, OS/2 і т. д. Недоліками Ruby вважають некерованість деяких процесів (таких, як виділення пам'яті), неможливість задання низькорівневих структур даних або підпрограм, неможливість компіляції і супроводжуючої її оптимізації програми та відкритість вихідного коду навіть у готовій програмі [63,77]. Для Ruby існують 2 основні форми реалізації: офіційний інтерпретатор та JRuby — реалізація для Java.

Інтерпретатор портований під більшість платформ, включаючи Unix, Microsoft Windows, DOS, Mac OS X, OS/2, Amiga, BeOS, Syllable, Acorn RISC OS та ін. За допомогою технічних засобів мною було реалізовано алгоритм швидкого сортування мовою Ruby. Ruby виходить на світовий ІТ-ринок, та спостерігаючи за стрімким набором його обертів, ІТ-спеціалісти вже називають його мовою програмування цілого століття.

Ruby – цілком динамічна високорівнева мова об'єктно-орієнтовного програмування. Але для даного проекту не є оптимальною.

### 2.2.2 Можливості застосування мови Java

Java була створена в Sun Microsystems, Inc., в якій Джеймс Гослінг керував групою дослідників, намагаючись створити нову мову, який дозволяв би електронним пристроям спілкуватися один з одним. Робота над мовою почалася в 1991 році, і незабаром фокус команди змінився на нову нішу, World Wide Web. Java була вперше випущена в 1995 році, і здатність Java забезпечувати інтерактивність і мультимедіа показала, що вона особливо добре підходить для Інтернету.

Різниця між роботою Java та інших мов програмування була революційною. Код на інших мовах спочатку перекладається компілятором в інструкції для конкретного типу комп'ютера. Замість цього компілятор Java перетворює код в Bytecode, яке потім інтерпретується програмним забезпеченням, називаемим Java Runtime Environment (JRE) або віртуальна машина Java. JRE діє як віртуальний комп'ютер, який інтерпретує байт-код і переводить його для хост-комп'ютера. Через це Java-код може бути написаний однаково для багатьох платформ ( «пиши один раз, біжи куди завгодно»), що сприяло його популярності для використання в Інтернеті, де багато різних типів комп'ютерів можуть отримувати одну і ту ж веб-сторінку.

До кінця 1990-х років Java вивела мультимедіа в Інтернет і почала розширюватися за межі Інтернету, запітивая споживчі пристрої (такі як стільникові телефони), роздрібні і фінансові комп'ютери, і навіть бортовий комп'ютер марсоходів НАСА для розвідки Марса. Через цю популярності Sun

створила різні варіанти Java для різних цілей, включаючи Java SE для домашніх комп'ютерів, Java ME для вбудованих пристроїв і Java EE для інтернет-серверів і суперкомп'ютерів. У 2010 році Корпорація Oracle взяла на себе управління Java, коли вона придбала Sun Microsystems.

Незважаючи на схожість імен, Мова JavaScript, який був розроблений для роботи у веб-браузерах, не є частиною Java. JavaScript був розроблений в 1995 році в Netscape Communications Corp. і був задуманий як доповнення до Java. Спочатку він називався Mocha, а потім LiveScript, перш ніж Netscape отримала маркетингову ліцензію від Sun [77-93].

Щоб налаштувати середовище розробки Java на вашому комп'ютері - ви «розробляєте» (пишете) комп'ютерні програми, використовуючи «середовище розробки», - вам необхідно виконати наступні кроки:

- завантажте файл, який містить середовище розробки Java (компілятор і інші інструменти);
- завантажте файл, який містить документацію по Java;
- якщо на вашому комп'ютері ще немає WinZip (або його аналога), вам необхідно завантажити великий файл, який містить WinZip, і встановити його;
- встановіть середовище розробки Java;
- встановіть документацію;
- налаштуйте кілька змінних середовища;
- протестуйте все.

Перш ніж почати, буде простіше, якщо ми створимо новий каталог у тимчасовому каталозі для зберігання файлів, які ми збираємося завантажити. Ми назвемо це каталогом завантаження.

Крок 1 - Завантажте інструменти розробки Java. Для цього необхідно перейти на сторінку <http://java.sun.com/j2se/1.4.2/download.html>. Завантажте програмне забезпечення SDK, клацнувши посилання «Завантажити J2SE SDK». Вам буде показано ліцензійну угоду. Натисніть Прийняти. Виберіть свою операційну систему і завантажте файл в каталог завантаження. Це величезний

файл, і його завантаження через звичайний телефонний модем займе декілька годин. Наступні два файли також великі.

Крок 2 - Завантажте документацію по Java. Завантажте документацію, вибравши операційну систему і клацнувши посилання документації SDK 1.4.1.

Крок 3 - Завантажити і встановити WinZip. Якщо на вашому комп'ютері немає версії WinZip або її аналога, перейдіть на сторінку <http://www.winzip.com/> і завантажте ознайомчу копію WinZip. Запустіть EXE, який ви отримуєте, щоб встановити його. Ми скористаємося цим моментом для установки документації.

Крок 4 - Встановіть комплект розробника. Запустіть файл j2sdk-1\_4\_1 - \*.Exe, завантажений на кроці 1. Він автоматично розпакує і встановить комплект розробки.

Крок 5 - Встановіть документацію. Прочитайте інструкцію по встановленню для документації. Вони попросять вас перемістити файл документації в той же каталог, в якому знаходиться тільки що встановлений пакет розробки. Розархівуйте документацію, і вона впаде в потрібне місце.

Крок 6 - Налаштуйте своє середовище. Як зазначено на цій сторінці, вам потрібно змінити змінну шляху. Це найпростіше зробити, відкривши запрошення MS-DOS і ввівши PATH, щоб побачити, який шлях заданий в даний момент. Потім відкрийте autoexec.bat в блокноті і внесіть зміни в PATH, зазначені в інструкціях.

Крок 7 – Тест. Тепер ви зможете відкрити інше вікно MS-DOS і набрати javac. Якщо все налаштовано правильно, то ви повинні побачити двухстрочний текстовий блок, який говорить вам, як використовувати javac. Це означає, що ви готові до роботи. Якщо ви бачите повідомлення «Невірна команда або ім'я файлу», це означає, що ви не готові до роботи. З'ясуйте, що ви зробили не так, перечитавши інструкцію по установці. Переконайтеся, що PATH встановлений правильно і працює. Поверніться назад і перечитайте код програміста вище і будьте наполегливі до тих пір, поки проблема не буде вирішена.

Виконавши наведені вище кроки можна вважати що нас ПК є таким, що може компілювати Java-програми. Ми готові почати писати програмне забезпечення!

До речі, одна з речей, які ми розпакували, - це демонстраційний каталог, повний хороших прикладів. Всі приклади готові до запуску, тому ви можете знайти каталог і пограти з деякими прикладами. Багато з них видають звуки, тому обов'язково включите динаміки. Щоб запустити приклади, знайдіть сторінки з такими іменами, як `example1.html`, і завантажте їх в свій звичайний веб-браузер. Ваша перша програма буде короткою і не дуже складною.

Обсяг змінних в Java. Область дії змінної - це частина програми, в якій змінна доступна. Як і C / C ++, в Java все ідентифікатори мають лексичну (або статичну) область видимості, тобто область видимості змінної може бути визначена під час компіляції і не залежить від стека викликів функцій.

Java-програми організовані у вигляді класів. Кожен клас є частиною якогось пакета. Правила області видимості Java можна віднести до наступних категорій.

Змінні-члени (область дії класу). Ці змінні повинні бути оголошені усередині класу (поза будь-якої функції) [93-97]. До них можна отримати прямий доступ в будь-якому місці в класі. Давайте подивимося на приклад:

```
{
    // Все змінні визначені прямо всередині класу
    // змінні-члени
    int a;
    приватний рядок b
    void method1 () {...}
    int method2 () {...}
    символ c;
}
```

- Ми можемо оголосити змінні класу в будь-якому місці класу, але поза методів.

- Доступ до вказаних змінним-членам не впливає на їх область видимості в класі.
- Змінні-члени можуть бути доступні поза класом з дотриманням наступних правил

Локальні змінні (область рівня методу). Змінні, оголошені всередині методу, мають область дії рівня методу і не можуть бути доступні поза методу:

```
{
    void method1 ()
    {
        // Локальна змінна (область дії рівня методу)
        int x;
    }
}
```

Локальні змінні не існують після завершення виконання методу. Ось ще один приклад області дії методу, за винятком того, що на цей раз змінна була передана в якості параметра в метод тест класу:

```
{
    private int x;
    public void setX (int x)
    {
        this.x = x;
    }
}
```

Наведений вище код використовує це ключове слово, щоб розрізнити локальні змінні і змінні класу. Як вправу розглянемо висновок наступної програми Java:

```
filter_none
редагувати
play_arrow
brightness_4
```

```
public class Test
{
    static int x = 11;
    private int y = 33;
    public void method1 (int x)
    {
        Test t = new Test ();
        this.x = 22;
        y = 44;

        System.out.println ( "Test.x:" + Test.x);
        System.out.println ( "t.x:" + t.x);
        System.out.println ( "t.y:" + t.y);
        System.out.println ( "y:" + y);
    }

    public static void main (String args [])
    {
        Test t = new Test ();
        t.method1 (5);
    }
}
```

вихід:

Test.x: 22

TX: 22

ти: 33

y: 44

Змінні циклу (блокова область видимості) Змінна, оголошена всередині пари дужок «{» і «}» в методі, має область видимості тільки в дужках.

filter\_none

```

редагувати
play_arrow
brightness_4
public class Test
{
    public static void main (String args [])
    {
        {
            // The variable x has scope within
            // brackets
            int x = 10;
            System.out.println (x);
        }

        // Uncommenting below line would produce
        // error since variable x is out of scope.

        // System.out.println (x);
    }
}

```

вихід:

Давайте подивимося на хитрий приклад області видимості циклу. Прогнозувати висновок наступної програми. Ви можете бути здивовані, якщо ви звичайний програміст C / C ++.

```

filter_none
редагувати
play_arrow
brightness_4
class Test
{

```

```

public static void main (String args [])
{
    int a = 5;
    for (int a = 0; a <5; a ++)
    {
        System.out.println (a);
    }
}
}

```

вихід:

б: помилка: змінна a вже визначено в методі go (int)

для (int a = 0; a <5; a ++)

^

У C ++ він буде працювати. Але в Java це помилка, тому що в Java ім'я змінної внутрішнього і зовнішнього циклу має бути різним.

Аналогічна програма на C ++ працює. Дивіться це. Як вправа передбачу висновок наступної програми Java.

```

filter_none
редагувати
play_arrow
brightness_4
class Test
{
    public static void main (String args [])
    {
        {
            int x = 5;
            {
                int x = 10;
                System.out.println (x);
            }
        }
    }
}

```

```

        }
    }
}
}

```

Уважно перегляньте програму, внутрішній цикл завершиться до того, як оголошена змінна зовнішнього циклу. Отже, змінна внутрішнього циклу спочатку знищується, а потім створюється нова змінна з тим же ім'ям.

Деякі важливі зауваження про області видимості змінних в Java. Загалом, набір фігурних дужок {} визначає зону видимості. В Java ми зазвичай можемо отримати доступ до змінної, якщо вона визначена в тому ж наборі дужок, що і код, який ми пишемо, або в будь-яких фігурних дужках всередині фігурних дужок, де була визначена змінна. Будь-яка змінна, певна в класі поза будь-якого методу, може використовуватися всіма методами-членами. Коли метод має ту ж локальну змінну, що і член, це ключове слово може використовуватися для посилання на поточну змінну класу. Щоб змінна читалася після завершення циклу, вона повинна бути оголошена перед тілом циклу.

В Java, як і в будь-якій іншій мові програмування, кожна змінна має область видимості. Це сегмент програми, де змінна може використовуватися і є дійсною.

Область застосування класу

Кожна змінна, оголошена всередині дужок класу ({}), з модифікатором приватного доступу, але поза будь-якого методу, має область видимості класу. В результаті ці змінні можуть використовуватися всюди в класі, але не за його межами:

```

public class ClassScopeExample
{
    private Integer amount = 0;
    public void exampleMethod () {
        amount ++;
    }
    public void anotherExampleMethod () {

```

```

    Integer anotherAmount = amount + 4;
}
}

```

Ми можемо бачити, що `ClassScopeExample` має змінну класу суму, яка може бути доступна в методах класу.

Якщо ми не використовуємо `private`, він буде доступний з усього пакета. Перевірте статтю модифікаторів доступу для отримання додаткової інформації.

Область застосування методу. Коли змінна оголошується всередині методу, вона має область дії методу і буде дійсною лише всередині того ж методу:

```

public class MethodScopeExample
{
    public void methodA () {
        Integer area = 2;
    }
    public void methodB () {
        // compiler error, area can not be resolved to a variable
        area = area + 2;
    }
}

```

У методі А ми створили змінну методу з ім'ям `area`. З цієї причини ми можемо використовувати область всередині `methodA`, але ми не можемо використовувати її де-небудь ще.

Область дії петлі Якщо ми оголосимо змінну всередині циклу, вона буде мати зону видимості циклу і буде доступна тільки всередині циклу:

Ми можемо побачити цей метод `iterationOfNames` є змінна методу з ім'ям `name`. Ця змінна може використовуватися тільки усередині циклу і неприпустима поза нею.

Мінлива методу `title` скасовує можливість доступу до заголовка змінної класу знову. Саме тому вдруге буде надруковано «Джон Доу». Це називається

змінною тіней і не є хорошою практикою. Краще використовувати префікс `this` для доступу до змінної класу `title`, наприклад `this.title`.

Загалом проаналізувавши наведені та всі інші можливості мови Java, нами було прийнято рішення обрати її як основний інструмент програмування під час створення функціонального програмного забезпечення для побудови спектральних масок передавачів.

### 2.3 Вибір оптимальних засобів побудови та інтеграції спектральних масок передавачів РЕЗ

Оптимальним засобом пошуку інформації і створення інформаційного базису і бази даних було обрано аналіз світових стандартів, а також специфікації РЕЗ від фірм виробників, що було розглянуто в Розділі 1 цієї роботи.

Згідно стандартів було систематизовано та виділено параметри спектральних масок передавачів усіх радіотехнологій представлених на території нашої країни. Для універсальності використання всі данні було зібрано в табличному вигляді формату EXCEL. Цей, примітивний з точки зору програмування, інструмент дозволяє оператору без спеціальних навичок додавати, вилучати або змінювати параметри РЕЗ без участі системних адміністраторів програмного забезпечення, системних програмістів або фірм розробників.

Наступним кроком алгоритму побудови спектральних масок передавачів для автоматизації процесу радіомоніторингу є перевірка правильності табличних значень обраних з нормативних документів. Для цього необхідно отримати графічне представлення спектральних масок і оцінити правильність побудови кожної з них.

Реалізація графічного відображення спектральних масок в автоматичному режимі можливо за умови створення спеціалізованого програмного забезпечення. Яке повинне згідно з вимогами виконувати наступні функціональні дії:

- простий інтерфейс для оператора;
- можливість використання таблиць EXCEL заданого зразка;

- формування в інтерфейсі каталогу радіотехнологій та РЕЗ в кожній з них;
- відображення спектральних масок передавачів РЕЗ;
- довідкову інформацію про кожен маску під графічним зображенням;
- режим порівняння двох і більше масок;
- збереження отриманих масок у файл для звітної інформації.

Структура програмного забезпечення згідно запропонованої специфікації повинна виглядати наступним чином (рис 2.6):

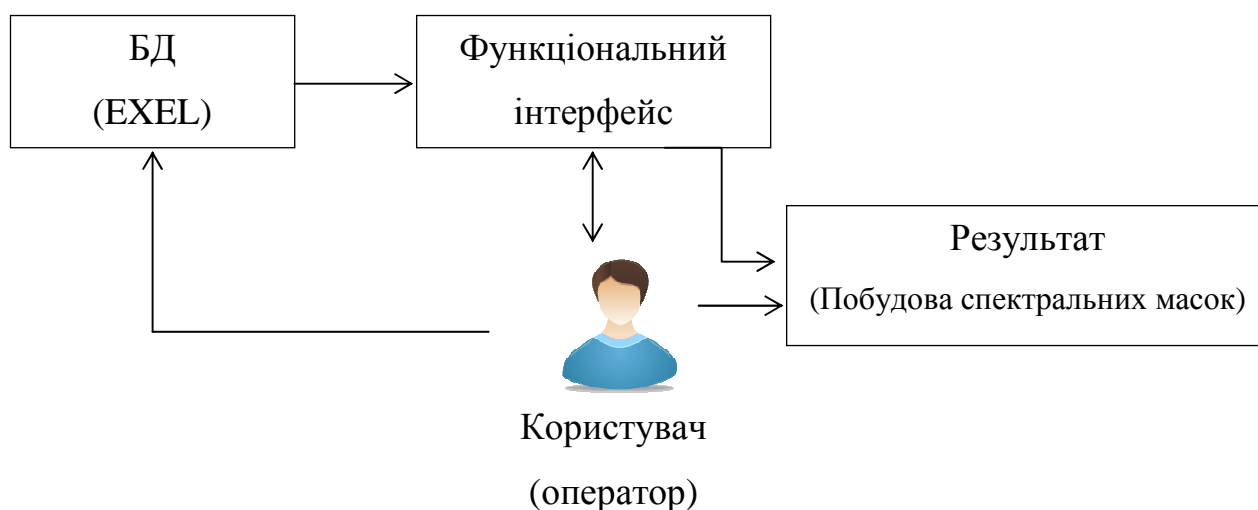


Рисунок 2.6 - Структура програмного забезпечення згідно запропонованої специфікації

Наступним кроком автоматизації процесу радіомоніторингу за допомогою спектральних масок є конвертація отриманих масок у машинний код специфічного зразка та інтеграція створеного файлу через існуючий інтерфейс програмного забезпечення SCAN-EXPERT розробленої французькою компанією для аналізаторів спектру Rohde & Schwarz .

Таким чином кінцевий алгоритм аналізу, обробки та систематизації даних, побудови, перевірки правильності, відображення та інтеграції спектральних масок передавачів можна представити наступним чином (рис. 2.7):

Для реалізації наведеного алгоритму згідно висунутих вимог до БД та ПЗ, а також до засобів інтеграції в аналізатори спектру було розроблено ПЗ сучасною

мовою програмування, що представлено в Розділі 3 цієї пояснювальної записки роботи магістра.

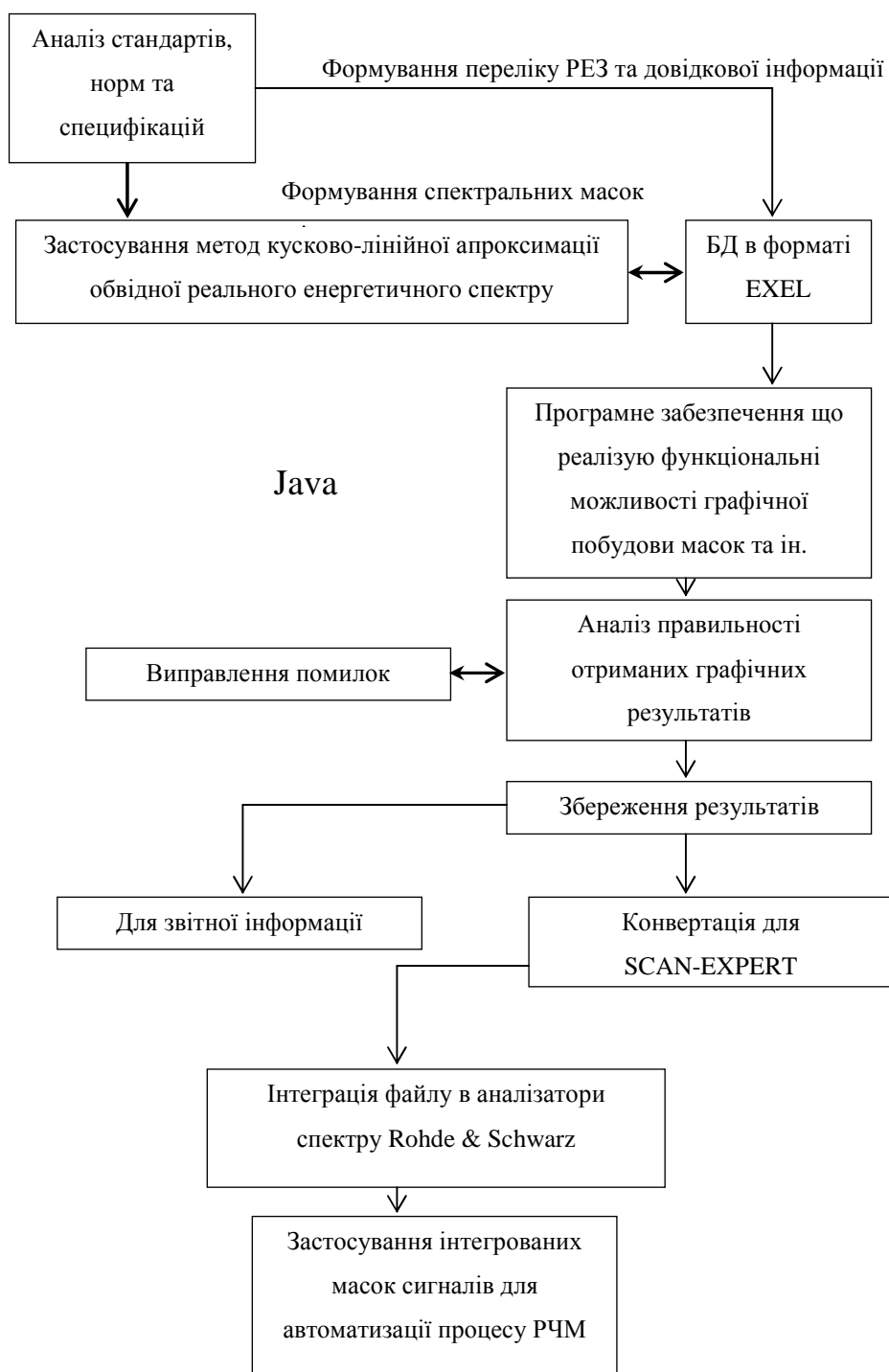


Рисунок 2.7 – Запропонований алгоритм автоматизації процесу радіомоніторингу з використанням спектральних масок передавачів

### **3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПОБУДОВИ СПЕКТРАЛЬНИХ МАСОК ПЕРЕДАВАЧІВ**

#### **3.1 Створення інформаційного базису спектральних масок передавачів**

На основі аналізу та систематизації даних, згідно прийнятого рішення, було сформовано у табличному вигляді формату EXCEL. В кінцевій версії табличного вигляду бази даних представлено вихідну інформацією для побудови спектральних масок у розробленому програмному забезпеченні, що включає в себе такі параметри як:

- ID – номер;
- кількість на території України ;
- назва/тип РЕЗ;
- A/D;
- мінімальна частота;
- максимальна частота;
- клас випромінювання;
- позиційність;
- код;
- модуляція;
- ПРД(-3дБ);
- ПРД(-30дБ);
- нормативні посилання;
- відхил частоти на рівні (дБ);
- смуга (МГц);
- додаткова інформація з посиланнями на нормативні документи.

Для прикладу на рис. 3.1 представлена процедура формування спектральних масок передавачів РЕЗ згідно стандартів та бази даних користувачів ДП «УДЦР» в Україні для радіотехнології радіорелейного радіозв'язку, що експлуатується в діапазоні частот від 3,4 ГГц до 40,5 ГГц.

№/п.	ID	Код РЕЗ (only rec)	Назва/тип РЕЗ	Вхідні дані РРС					Клас випром.	Потужність	Код	Модуляція	Пірикс-3(дБ)	Пірикс-3(дБ)	Нормативні посилання	
				A/D	Мін. част.	Макс. част.	EN 302.217-2-2014	Відхилення частоти								
1	2385	201	9500 MPR 11	D	10700	11700	28M0D7W	4	PSK	QPSK	51	60	B2, 2, >32	±176кГц		
2	2386	8	9500 MPR 11	D	10700	11700	28M0G7W	4	PSK	QPSK	51	60	B2, 2, >32	±176кГц		
3	2623	1	9500 MPR 15	D	14400	15350	28M0D7W	4	PSK	QPSK	23_Лют	56	D2, 2, >32	±231кГц		
4	2571	1	9500 MPR 18	D	17700	19700	13M8D7W	4	PSK	QPSK	8	36	D2, 2, >16	±296кГц		
5	2574	39	9500 MPR 18	D	17700	19700	27M5D7W	4	PSK	QPSK	28	36	D2, 2, >32	±296кГц		
6	2463	69	9500 MPR 18	D	17700	19700	27M5G7W	4	PSK	QPSK	28	36	D2, 2, >32	±296кГц		
7	2664	7	9500 MPR 18	D	17700	19700	55M0D7W	4	PSK	QPSK	60	120	D2, 2, >64	±296кГц		
8	2572	34	9500 MPR 38	D	37100	39400	14M0D7W	4	PSK	QPSK	8	40	E2, 2, >16	±591кГц		
9	2573	7	9500 MPR 38	D	37100	39400	28M0D7W	4	PSK	QPSK	28	64	E2, 2, >32	±591кГц		
10	2361	31	9500 MPR 38	D	37100	39400	56M0D7W	4	PSK	QPSK	51	72	E2, 2, >64	±591кГц		
11	2426	0	9500 MPR 8	D	7900	8400	28M0D7W	4	PSK	QPSK	28	36	B2, 2, >32	±126кГц		
12	2425	3	9500 MPR 8	D	7900	8400	28M0G7W	4	PSK	QPSK	28	36	B2, 2, >32	±126кГц		
13	1137	128	ALCATEL 9413 AWY	D	12750	13250	28M0D7W	128	QAM	128-QAM	26	34	D2, 5НВ, >137	±199кГц		
14	360	4	ALCATEL 9415 UX	D	14400	15350	7M0D7W	128	QAM	128-QAM	7	12	D2, 5H, >34	±230кГц		

На рівні (дБ)	Смуга (МГц)	На рівні (дБ)	Смуга (МГц)	На рівні (дБ)	Маска випромінювання								Смуга SCS (МГц)	Додаткова інформація
					смуга(МГц) на рівні(дБ)	смуга(МГц) на рівні(дБ)	смуга(МГц) на рівні(дБ)	смуга(МГц) на рівні(дБ)	смуга(МГц) на рівні(дБ)	смуга(МГц) на рівні(дБ)	смуга(МГц) на рівні(дБ)	смуга(МГц) на рівні(дБ)		
+2	25,6	-23	32,8	-23	50	-45	90					-45	140	згідно табл. 2e image 6a(a)
+2	25,6	-23	32,8	-23	50	-45	90					-45	145	згідно табл. 2e image 6a(a)
+2	25,6	-23	32,8	-23	50	-45	90					-45	140	згідно табл. 2e image 6a(a)
+1	13,6	-23	16,8	-23	27,2	-45	48					-45	65	згідно табл. 2d image 6a(a)
+2	25,6	-23	32,8	-23	50	-45	90					-45	135	згідно табл. 2e image 6a(a)
+2	25,6	-23	32,8	-23	50	-45	90					-45	135	згідно табл. 2e image 6a(a)
+2	51,2	-23	65,6	-23	100	-45	180					-45	275	згідно табл. 2f image 6a(a)
+1	13,6	-23	16,8	-23	27,2	-45	48					-45	70	згідно табл. 2d image 6a(a)
+2	25,6	-23	32,8	-23	50	-45	90					-45	140	згідно табл. 2e image 6a(a)
+2	51,2	-23	65,6	-23	100	-45	180					-45	280	згідно табл. 2f image 6a(a)
+2	25,6	-23	32,8	-23	50	-45	90					-45	140	згідно табл. 2e image 6a(a)
+2	25,6	-23	32,8	-23	50	-45	90					-45	145	згідно табл. 2e image 6a(a)
+2	24	-10	29	-32	31	-36	34	-45	80	-55	108	-55	140	згідно табл. 2e image 6a(e)
+1	6	-10	7,25	-32	7,75	-36	8,5	-45	20	-55	27	-55	35	згідно табл. 2c image 6a(e)

Рисунок 3.1 – Табличний вигляд результатів розробки спектральних масок передавачів РЕЗ радіотехнології радіорелейного зв'язку

Сама маска записана у вигляді чисел занесених у окремі стовбці для вибірки їх засобами програмного забезпечення та побудови точок на графіку (рис 3.2)

а рівні (дБ)	Маска випромінювання								смуга (МГц)
	смуга (МГц)	а рівні (дБ)	смуга (МГц)	а рівні (дБ)	смуга (МГц)	а рівні (дБ)	смуга (МГц)	а рівні (дБ)	
0	1,75	-8	1,75	-27	2,5	-32	3,7	-50	7
0	5	-8	5	-32	7,2	-38	10,6	-50	20
0	3,5	-8	3,5	-32	5	-38	7,4	-50	14
0	1,33	-8	1,33	-32	1,9	-38	2,8	-50	5,4
0	5	-8	5	-32	7,1	-38	10,5	-50	20
0	5	-8	5	-32	7,1	-38	10,5	-50	20
0	5	-8	5	-32	7,1	-38	10,5	-50	20
0	5	-8	5	-32	7,1	-38	10,5	-50	20
0	5	-8	5	-32	7,1	-38	10,5	-50	20

Рисунок 3.2 – Спектральні маски в табличному вигляді

Подібний формат представлення вихідних даних для побудови спектральних масок було сформовано для всіх радіотехнологій представлених на території нашої країни.

Через комерційну таємницю не можливо навести повну базу даних в цій

пояснювальній записці до дипломної роботи магістра, а лише приклади для демонстрації ефективності формування та використання даних таким чином.

До базису також входить математичне модель (2.1) та сформована бібліотека національних та міжнародних нормативних документів, згідно яких, було проведено аналіз з посиланням на кожен з них для конкретного передавача РЕЗ та його спектральної маски.

### 3.2 Розробка програмного забезпечення на основі мови програмування Java

#### 3.2.1 Інтерфейс розробленого програмного забезпечення та порядок його роботи

На основі сформованих відповідно до стандартів табличними даними була створена база даних спектральних масок, а відповідно до математичної моделі (2.1) розроблено програмне забезпечення їх побудови.

Технологія Java дозволила створити файл ще не потрібно інсталиувати на ПК. Він встановлюється простим перенесенням на електронний носій та з нього шляхом простого копіювання виконавчого файлу та файлу БД у форматі EXEL.

Для запуску розробленого ПЗ необхідно зробити подвійний «клік» лівою кнопкою маніпулятора миші по виконавчому файлу з назвою «spectrMASK-1.0-SNAPSHOT-jfx». Виконавши запуск виконавчого файлу розробленого ПЗ повинно відкритися діалогове вікно інтерфейсу для взаємодії з оператором.

Код програми та налаштування засобів програмування наведено у Додатку А.

На рисунку 3.3 представлений інтерфейс розробленого за допомогою інструментів Java програмного забезпечення для побудови спектральних масок по базі даних у вигляді багаторівневого списку. Щоб отримати доступ до БД необхідно натиснути кнопку відкрити як вказано на рисунку 3.3. Після цього у вікні що відкрилось вказати потрібний файл бази даних та натиснути «Відкрити» (рис 3.4).

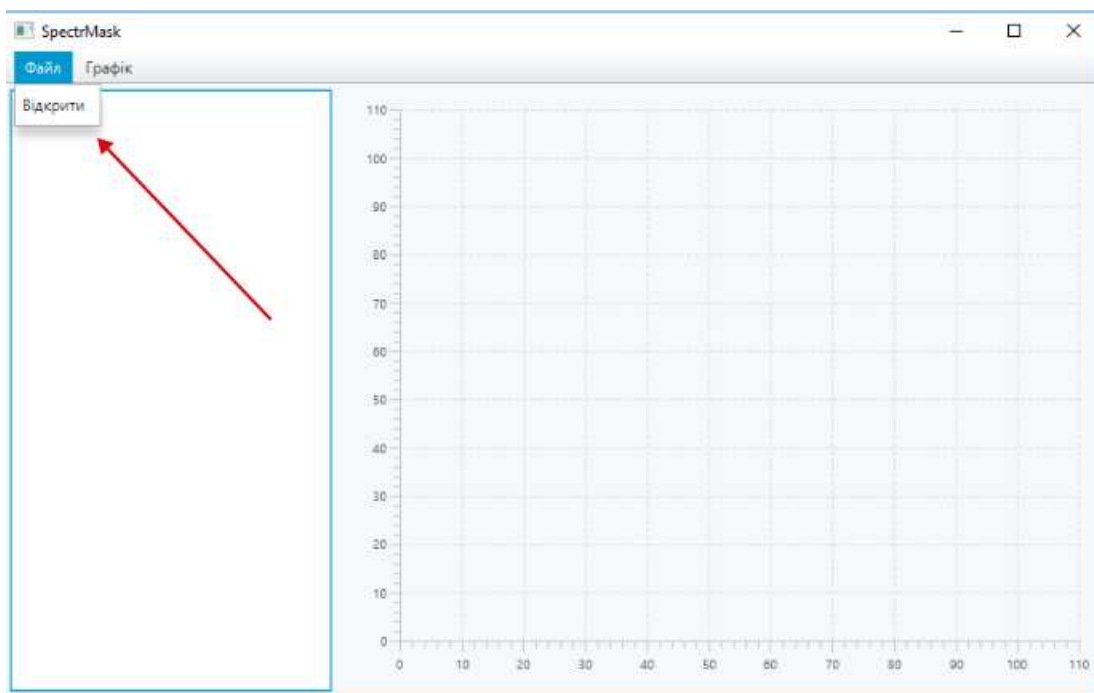


Рисунок 3.3 – Інтерфейс розробленого програмного забезпечення

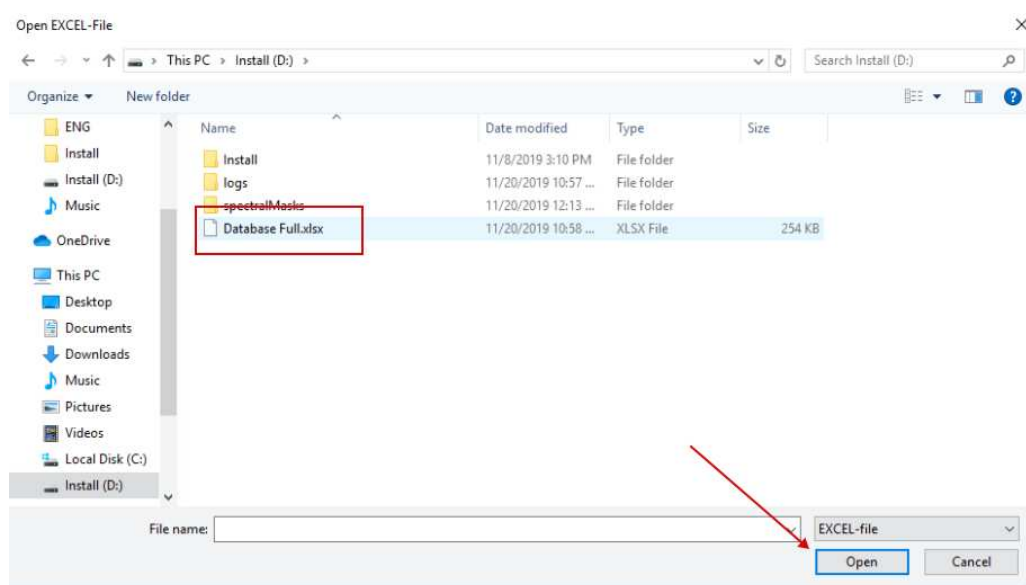


Рисунок 3.4 – Процес вибору БД для розробленого ПЗ

Програмне забезпечення з використанням інформації з БД дозволяє сформуванню динамічного переліку (рис 3.5) радіотехнологій для наочної і зручної роботи. На рисунку 3.6 зображено динамічний список радіотехнологій, обрану маску сигналу з випадаючого списку меню, графічне відображення обраної спектральної маски та її основні параметри підписом під графіком.



Рисунок 3.5 - Динамічний перелік радіотехнологій

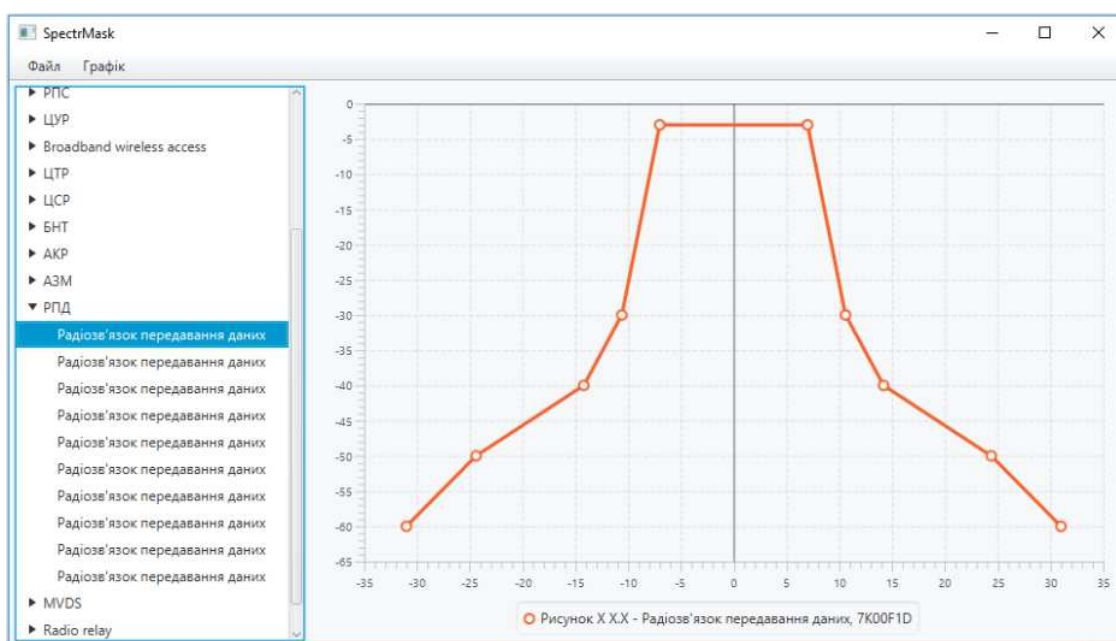


Рисунок 3.6 - Динамічний перелік радіотехнологій

Використання розробленого ПЗ дозволяє будувати і зберігати в БД спектральні маски передавальних пристроїв всіх типів експлуатованих в Україні РЕЗ наступних класів цифрових і аналогових радіотехнологій:

- РЕЗ широкосмугового радіодоступу (ШСРД) в діапазоні частот від 1,35 до 6 ГГц;
- РЕЗ мультисервісного радіодоступу (MMDS) у діапазоні частот від 2,3 до 10,65 ГГц;
- РЕЗ мультимедійного радіодоступу (MVDS) в діапазоні частот від 40,5 до 42,5 ГГц;
- РЕЗ цифрового радіорелейного зв'язку в діапазоні частот від 3,4 ГГц до 40,5 ГГц;
- РЕЗ цифрового стільникового зв'язку CDMA-450 і CDMA-800;
- РЕЗ цифрової бездротової телефонії (DECT);
- РЕЗ цифрового стільникового зв'язку GSM-900 та GSM-1800;
- РЕЗ цифрового стільникового зв'язку IMT-2000 (UMTS);
- РЕЗ цифрового наземного телевізійного мовлення стандартів DVB-T і DVB-T2;
- РЕЗ аналогового звукового мовлення;
- РЕЗ аналогового телевізійного мовлення;
- РЕЗ багатоканального наземного телерадіомовлення;
- РЕЗ аналогового короткохвильового радіозв'язку;
- РЕЗ радіозв'язку передачі даних;
- РЕЗ радіозв'язку берегових та суднових станцій;
- РЕМ радіотелеметрії охоронних і пожежних систем;
- РЕЗ радіолокаційної розвідки і супроводу;
- РЕЗ радіотелеметрії і радіодистанційного управління;
- РЕЗ радіомаяків;
- РЕЗ цифрового та аналогового транкінгового радіозв'язку;
- РЕЗ цифрового та аналогового УКХ радіозв'язку.

Найбільша кількість типів спектральних масок передавачів РЕЗ використовується в радіотехнологіях широкосмугового радіодоступу (408), радіорелейного радіозв'язку (610) і аналогового УКХ зв'язку (1520)

Щоб очистити робоче поле від обраної маски необхідно або обрати наступну маску що нас цікавить і вона затре попередній запит до БД, або натиснути пункт основного меню «Графік – Очистити графік», що наведено на рисунку 3.7:



Рисунок 3.7 – Режим очистки графічного поля програмного забезпечення

Додатковим пунктом основного меню «Графік» є функція «Порівняти графіки». Для виконання цієї функції розроблено інструмент порівняння спектральних масок передавачів для експериментального оцінювання однотипних та різнотипних передавачів за допомогою їх спектральних масок та формування обґрунтованих рішень за рахунок порівняльного аналізу.

Щоб увімкнути режим порівняння спектральних масок передавачів РЕЗ необхідно натиснути пункт основного меню (рис. 3.8). Результат роботи в цьому режимі наведено на рисунку 3.9. На ньому зображено порівняння розроблених масок аналогового транкінгового зв'язку різним кольором.

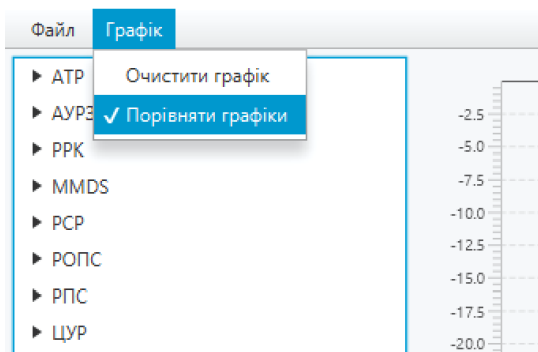


Рисунок 3.8 – Меню порівняння спектральних масок передавачів РЕЗ

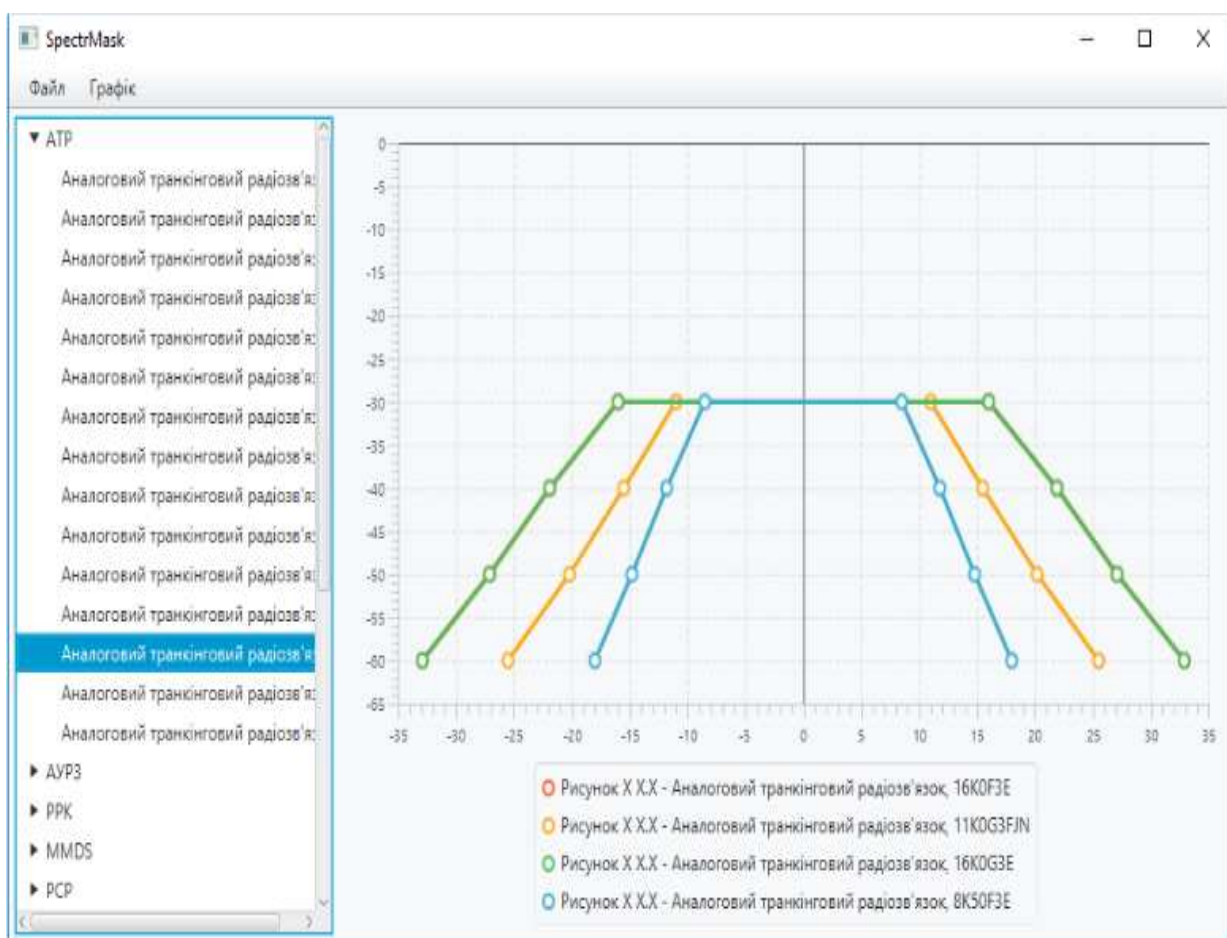


Рисунок 3.9 - Режим порівняння спектральних масок аналогових передавачів транкінгового зв'язку

Порівняльний графік різних радіотехнологій в хаотичному порядку обраних з БД з урахуванням різнотипності діапазону їх існування наведено на Рисунку 3.10:

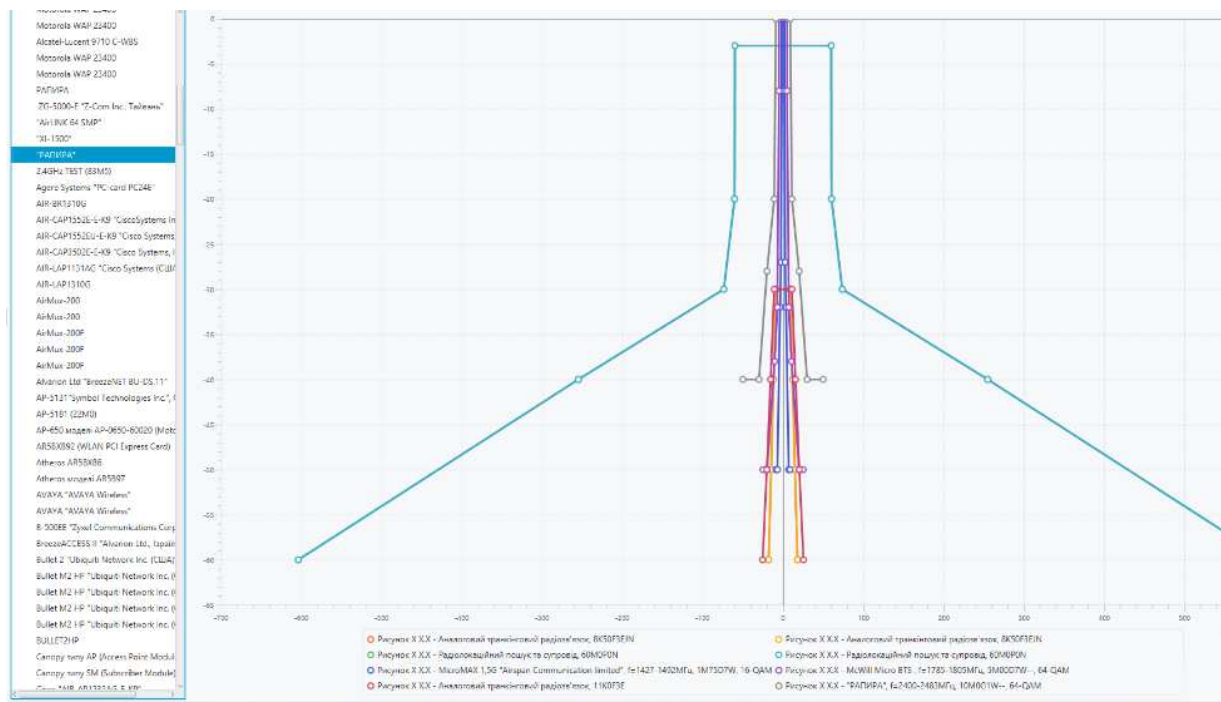


Рисунок 3.10 - Режим порівняння спектральних масок передавачів РЕЗ різних радіотехнологій

Кожна маска зафарбована окремим кольором який дублюється під графіком біля опису кожної з масок для полегшення пошуку користувачу ПЗ для виконання завдання аналізу.

Для того щоб визначити значення точки переламу графіку побудованих спектральних масок необхідно навести курсор миші на точку переламу і у спливаючому вікні буде виведено значення цього параметру. Також розроблено інструмент збереження масок у файл різних форматів.

### 3.3 Інтеграція спектральних масок передавачів у сучасні засоби радіомоніторингу

#### 3.3.1 Налаштування з'єднання по USB та LAN з Rohde & Schwarz FSH-8

Для експериментальної перевірки відповідності розроблених спектральних масок реальним спектрам радіовипромінювань передавачів РЕЗ було проведено сполучення розробленого програмного забезпечення з програмним забезпеченням

аналізатора спектра.

Першим важливим кроком для початку інтеграції це підключення до персонального комп'ютера (ноутбука , планшета і т. ін.) аналізатора спектра Rohde & Schwarz FSH-8. Для цього потрібно провести налаштування LAN- або USB-з'єднання з ПК.

Багатофункціональний програмне забезпечення R & S FSH4View дозволяє документувати результати вимірювань, створювати граничні лінії, таблиці каналів і т.п. ПЗ поставляється разом з аналізатором R & S FSH. З'єднання з ПК можливо як за допомогою LAN, так і USB. Нижче описані основні кроки для настройки з'єднання між R & S FSH і ПО R & S FSH4View.

Програмне забезпечення R & S FSH4View має бути встановлено на ПК до встановлення з'єднання. Щоб це зробити, необхідно помістити диск CD-R в пристрій, що зчитує. Як тільки на екрані з'явиться меню Autostart, обираємо пункт меню FSH4View і дотримуючись інструкції на екрані встановлюємо все що потрібно для роботи.

Важливим моментом є те , що якщо з'єднання між ПЗ R & S FSH4View і аналізатором R & S FSH не встановлюється, незважаючи на правильну конфігурацію, необхідно перевірити налаштування брандмауера (firewall) на вашому ПК.

Пряме з'єднання по LAN виконується наступним чином. Спочатку необхідно приєднати аналізатор R & S FSH до ПК за допомогою LAN-кабелю. Інтерфейс LAN знаходиться на лівій стороні приладу R & S FSH під захисною кришкою. За замовчуванням в R & S FSH включений режим DHCP. Для прямого з'єднання з R & S FSH необхідно вимкнути DHCP. Для цього треба виконати наступний алгоритм дій:

- натисніть кнопку SETUP;
- натисніть функціональну клавішу INSTRUMENT SETUP;
- відкриється список основних параметрів;

- оберіть пункт меню DHCP MODE під заголовком LAN PORT за допомогою поворотної ручки або кнопки зі стрілками (Ù або Ú) і підтвердіть вибір натисканням

ENTER.

- у списку, виберіть OFF за допомогою поворотної ручки або кнопки зі стрілками (Ù або Ú) і підтвердіть вибір натисканням ENTER.

Якщо послідовність дій була правильною то режим роботи DHCP буде вимкнений (рис 3.5).

LAN Port	
MAC Address	00-11-43-48-72-91
<b>DHCP</b>	<b>off</b>
IP Address	172.76.68.24
Subnet Mask	255.255.255.0

Рисунок 3.5 - Режим роботи DHCP вимкнений

Для встановлення з'єднання, IP-адреси, встановлені на ПК і аналізаторі R & S FSH, повинні бути ідентичні і відрізнятися тільки числовим значенням після останньої точки. Приклад (рис. 3.6):

IP-адреса ПК: 172.76.68.30

IP-адреса R & S FSH: 172.76.68.24



Рисунок 3.6 – Правильне налаштування параметрів з'єднання

Обравши пункт меню IP ADDRESS зі списку під заголовком LAN PORT з допомогою поворотної ручки або кнопки зі стрілками (Ù або Ú) необхідно підтвердити вибір натисканням ENTER. Коли відкриється поле необхідно ввести IP-адресу приладу R & S FSH (напр. 172.76.68.24) з цифрової клавіатури і підтвердити, натиснувши ENTER. Маски підмережі на ПК і на R & S FSH повинні бути однаковими.



Рисунок 3.7 – Однотипність налаштувань масок підмережі

Для цього оберіть пункт меню SUBNET MASK зі списку під заголовком LAN PORT з допомогою поворотної ручки або кнопки зі стрілками (Ù або Ú) і підтвердіть вибір натисканням ENTER. Коли відкриється поле з цифровими символами ведіть маску підмережі, яка використовується на ПК, напр. 255.255.255.0, і підтвердіть, натиснувши ENTER.

Для з'єднання за допомогою USB кабелю потрібно увімкнути аналізатор R & S FSH. Приєднати R & S FSH до ПК за допомогою кабелю USB. USB- інтерфейс аналізатора R & S FSH розташований на лівій стороні під захисною кришкою.

При першому з'єднанні на екрані ПК з'явиться стандартний майстер додавання нового обладнання. Обравши пункт "Install the software automatically (Recommended)" необхідно підтвердити вибір натисканням кнопки "Next".

В цей час обов'язковою умовою є те, що на ПК має бути встановлено ПЗ R & S FSH4View. Тільки в цьому випадку майстер установки обладнання знайде необхідні драйвера для USB-з'єднання. Через кілька секунд майстер установки повідомить, що програмне забезпечення для нового обладнання встановлено. Завершити встановлення здійснюється натисненням кнопки "Finish".

У списку мережевих з'єднань з'явиться нове LAN-з'єднання з назвою пристрою "RS USB Remote NDIS Network Device". Для цього LAN-з'єднання на ПК повинен бути призначений фіксований IP-адреса і маска підмережі. Для USB-з'єднання аналізатор R & S FSH використовує фіксований IP-адреса 172.16.10.10. Маска підмережі 255.255.0.0. Маска підмережі повинна відповідати і на ПК, і на R & S FSH. Останні два числа в IP-адресу ПК повинні відрізнитися від останніх чисел наведеного IP-адреси R & S FSH.

Після того як USB-з'єднання було зроблено на IP-адресу і з'єднання для R & S FSH було виконано в стабільному режимі алгоритм завершується натисканням кнопки "Connect".

### 3.3.2 Налаштування програмного забезпечення R & S FSH4View

Для налаштування програмного забезпечення R & S FSH4View на вашому ПК або іншому гаджеті необхідно провести декілька простих кроків. Запустивши R & S FSH4View на ПК (рис. 3.8) необхідно обрати вкладку LAN в діалоговому вікні. Потім створити нове мережеве з'єднання кнопкою ADD. Ввівши назву нового підключення до мережі в відкритому вікні (наприклад R & S FSH4) та IP-адресу для R & S FSH у відповідному полі введення (в даному випадку, 172.76.68.24), необхідно підтвердити, натиснувши кнопку ОК.

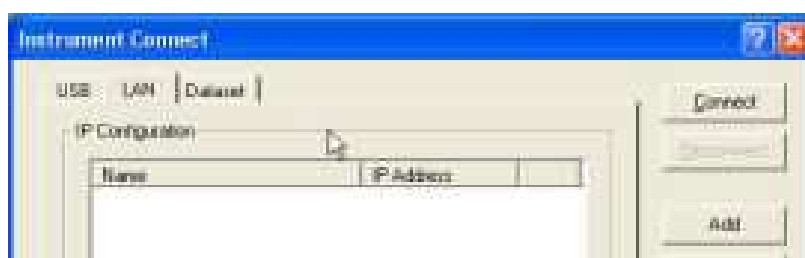


Рисунок 3.8 – Вікно R & S FSH4View

Після виконання наведеної інструкції з'єднання налаштовано, і воно з'являється у вікні IP CONFIGURATION (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 - Вікно IP CONFIGURATION

IP-адреса приладу R & S FSH може бути присвоєно DHCP-сервером автоматично або задати вручну (як фіксовану адресу). При ручному розподілі фіксована IP-адреса і маска підмережі повинні бути призначені аналізатору R & S FSH, як описано в розділі про прямому LAN-з'єднання. Після цього слід налаштувати на R & S FSH4View.

У мережах з DHCP-сервером, протокол Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) дає можливість автоматичного призначення налаштувань R & S FSH, приєднаного за допомогою LAN-кабелю. Для цього DHCP повинен бути активований в R & S FSH.

LAN Port	
MAC Address	00-11-43-48-72-91
<b>DHCP</b>	<b>on</b>
IP Address	10.114.10.83
Subnet Mask	255.255.255.0

Рисунок 3.10 - Режим роботи DHCP увімкнено

Режим DHCP включений в R & S FSH за замовчуванням. Якщо настройки змінені, існує простий алгоритм щоб повернути стандартні налаштування.

Тепер IP-адреса аналізатора R & S FSH призначається DHCP-сервером. Це може зайняти кілька секунд. Пізніше з'являться значення в полях IP ADDRESS і SUBNET MASK під заголовком LAN PORT.

### 3.3.3 Налаштування і завантаження масок на пристрій Rohde & Schwarz FSH

Для завантаження масок в аналізатор спектру для проведення автоматизованого контролю необхідно відкрити в головному вікні меню «Instruments» розділ «Standards Control». У вікні зліва відображаються папки на пристрої. Необхідно обрати папку «Standards». У правій частині вибрати папку на комп'ютері де розташовуються всі маски та скопіювати всю папку на пристрій.

Після проведення цих найпростіших дій з копіювання готових масок сигналів аналізатор спектру можна відключити від комп'ютера. Всі розроблені та збережені раніше маски будуть зберігатися у пам'яті самого аналізатору спектру

Наступним кроком є використання порівняння закладеної в пам'ять маски з вимірним випромінюванням, що і була кінцевою ціллю всієї роботи.

Вимірювання спектральної маски випромінювання SEM (Spectrum Emission Mask) -це метод виявлення паразитних випромінювань або інтермодуляційних складових сигналу. При виконанні SEM-вимірювання в приладі R & S FSH сигнал перевіряється по спектральній масці на відповідність конкретному стандарту. Тому в приладі R & S FSH містяться попередньо задані спектральні маски випромінювань для різних стандартів зв'язку.

Проте, за допомогою ПЗ R & S FSH4View можна задати власні спектральні маски для проведення вимірювань в частотних діапазонах, що відрізняються від попередньо заданих.

Натиснувши кнопки MEAS і функціональну клавішу "Meas Mode" відкриється меню вимірювальних функцій. В цьому меню необхідно обрати пункт "Spectrum Emission Mask". Запуститься вимір спектральної маски випромінювання.

Слід мати на увазі, що частотний діапазон поточного вимірювання залежить від початкової і кінцевої частот, встановлених в приладі R & S FSH. Отже, отримання правильних результатів вимірювання можливо тільки за умови, що частотні діапазони SEM лежать всередині поточної смуги огляду приладу R & S FSH.

На рисунку 3.11 наведено знімок екрану аналізатора спектра з відтвореною з БД розробленою спектральною маскою (лінійно апроксимована огинаюча) і

реального сигналу випромінювання передавача базової станції (БС) Wi-Fi діапазону частот 2,4 - 2,4835 ГГц.



Рисунок 3.11 – Вид екрану аналізатора спектру Rohde & Schwarz FSH-8

Основне випромінювання БС ідеально вписується в розроблену спектральну маску. Однак, по сусідньому каналу випромінювання БС перевищує допустимий рівень і може створювати перешкоду. Отже, використання спектральних масок дозволяє в автоматизованому режимі контролювати випромінювання РЕЗ і виявляти порушення у використанні радіочастотного ресурсу.

Для перевірки було інтегровано декілька масок та отримані аналогічні результати що й для попереднього випадку. Результати експерименту наведено на рисунку 3.12.

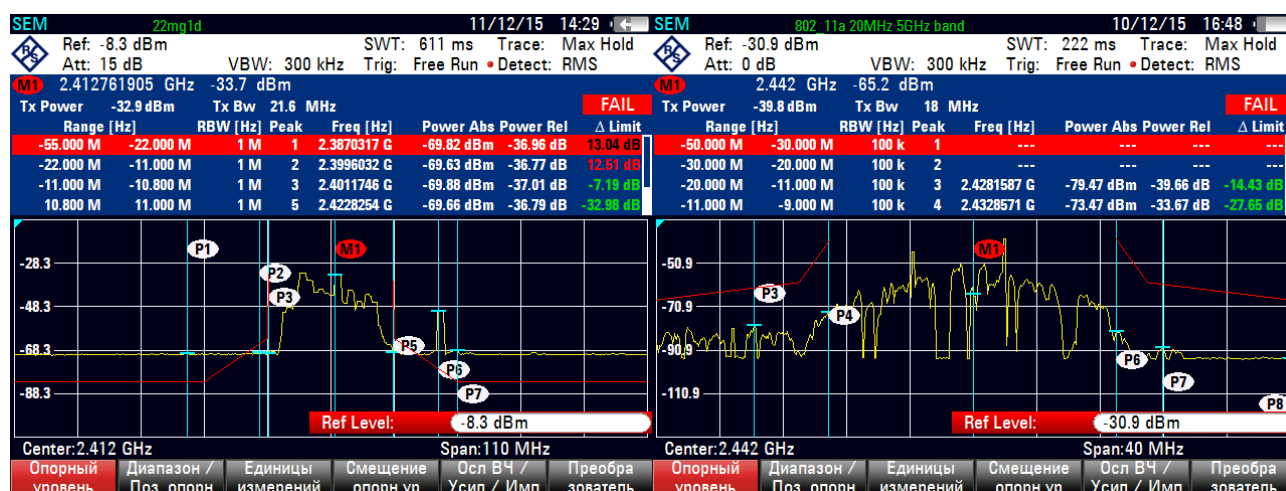


Рисунок 3.12 - Результати інтеграції різних спектральних масок в аналізатор спектру типу Rohde & Schwarz FSH-8

Таким чином можна зробити висновок про правильність та доцільність проведених досліджень розрахунків та затвердити алгоритм дій в запропонованому вигляді.

## ВИСНОВКИ

З проведеного аналізу можна зробити висновок, що спектральна маска випромінювань - зручний спосіб перевірки пристрою на відповідність стандартам. У міру збільшення робочих частот органам технічного регулювання буде потрібно випускати нові стандарти, що забезпечують надійну роботу бездротових мереж наступного покоління. Для вимірювань параметрів спектра електромагнітних випромінювань пристроїв міліметрового діапазону необхідні швидкі і високочутливі прилади.

На теперішній час в Україні не використовується автоматизована система порівняння дотримання параметрів рідовипромінювань передавачів тому обрана тема роботи магістра є актуальною.

Провівши порівняльний аналіз сучасних засобів програмування було обрано оптимальну за функціональність до потреб та сучасну мову програмування JavaScript. Її використання дозволило реалізувати всі заявлені функціональні можливості на високому рівні.

В роботі отримані такі основні результати:

1. Згідно з «Планом використання радіочастотного ресурсу України» узагальнені вимоги базових і основних загальних стандартів на технічні параметри передавачів 22 основних цифрових та аналогових радіотехнологій і розроблені спектральні «маски» класів їх радіовипромінювань;

2. У відповідності з розробленими спектральними «масками» класів радіовипромінювань за даними бази частотних присвоєнь ДП «УДЦР» створено у табличному вигляді інформаційний базис з даними щодо параметрів спектральних масок радіовипромінювань і допустимих значень відхилення присвоєних частот по кожному із типів РЕЗ;

3. Розроблено базу даних інформаційного базису, алгоритм і спеціалізоване програмне забезпечення автоматизованого формування спектральних масок у графічному вигляді.

4. Розроблено алгоритм автоматизованої інтеграції масок передавачів у аналізатори спектру, що використовуються радіочастотними органами України.

Використання спектральних масок передавачів інтегрованих в аналізатори спектру дозволить автоматизувати процес перевірки дотримання параметрів радіовипромінювань передавачів РЕЗ. Для наведених прикладів результати роботи дозволять автоматизувати процес радіомоніторингу РЕЗ цифрових та аналогових радіотехнологій.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. План використання радіочастотного ресурсу України , затверджений Постановою кабінету Міністрів України від 09.06.2006 р. № 815. Бюлетень Національної комісії з питань регулювання зв'язку України (Офіційне видання). К.: № 6(7) червень 2006 р., 174 с.
2. Справочник по радиоконтролю. Женева: МСЭ-Р, редакции 1995-2002.
3. Слободянюк П. В., Благодарный В. Г. Радиомониторинг: вчера, сегодня, завтра. (Теория и практика построения системы радиомониторинга) / Под общ. ред. П. В. Слободянюка. – Прилуки: «Издательство «Air – Полиграф», 2010. – 296 с.: ил.
4. Технічні специфікації інтерфейсів телекомунікаційної мережі загального користування, через які повинні надаватися послуги Затверджено Заступником Голови Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України 30 грудня 2013 року
5. План використання радіочастотного ресурсу України // Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 9 червня 2006 р. № 815
6. Нормы 19-13 Нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского применения; Москва, 2013
7. Рек. МСЭ-Р М.1823 1 / Рекомендация МСЭ-Р М.1823 Технические и эксплуатационные характеристики цифровых систем сотовой сухопутной подвижной связи для использования в исследованиях совместного использования частот (Вопросы МСЭ-Р 1/8 и МСЭ-Р 7/8) (2007) (Описание стандарта CDMA)
8. Реєстр радіоелектронних засобів та випромінювальних пристроїв, що можуть застосовуватися на території України в смугах радіочастот загального користування Версія 2016-19
9. Нормы 17-13 Радиопередатчики всех категорий гражданского применения. Требования на допустимые отклонения частоты. Москва, 2013.- 24 с.
10. ITU-R M.1457-13 //RECOMMENDATION ITU-R M.1457-13 // Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile

Telecommunications-2000 (IMT-2000) (2000-2001-2004-2005-2006-2007-2009-2010-2011-2013-2015-2017). ITU 2017

11. Рекомендация МСЭ-R М.1581- (02/2014) // Общие характеристики нежелательных излучений подвижных станций, использующих наземные радиointерфейсы IMT-2000 / Серия М Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы

12. <http://www.sit-com.ru/chem-otlichaetsia-dvbt-ot-dvbt2.html>

13. <https://ru.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>

14. ETSI EN 300 744 V1.6.1 (2009-01) European Standard (Telecommunications series) //Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television

15. ETSI TS 102 831 V1.1.1 (2010-10)Technical Specification // Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)

16. Recommendation ITU-R BT.1206-3 (04/2016) // Spectrum limit masks for digital terrestrial television broadcasting // BT Series Broadcasting service (television)

17. Рекомендация МСЭ-R BT.1306-7 (06/2015) // Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для наземного цифрового телевизионного радиовещания // Серия BT Радиовещательная служба (телевизионная)

18. Рекомендация МСЭ-R SM.1541-6 (08/2015) // Нежелательные излучения в области внеполосных излучений // Серия SM Управление использованием спектра

19. ETSI EN 302 755 V1.2.1 (2011-02) European Standard // Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)

20. Рекомендация МСЭ-R SM.328-11 // Спектры и ширина полосы излучений (Вопрос МСЭ-R 222/1)

21. Рекомендация МСЭ-R SM.1138-2 // Определение необходимой ширины полосы частот с примерами ее расчета и соответствующими примерами обозначения излучений
22. ГОСТ 7845–92 // Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерения
23. ДСТУ 3837-99 // Телебачення мовне. Система аналогового телебачення звичайної чіткості. Основні параметри та методи вимірювань
24. EN 300 748 V1.1.2 (1997-08) // Digital Video Broadcasting (DVB); Multipoint Video Distribution Systems (MVDS) at 10 GHz and above
25. Рекомендация МСЭ-R SM.1792 // Измерения излучений боковой полосы передатчиков T-DAB и DVB-T для целей контроля
26. Заключительные акты Региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях Районов 1 и 3 в полосах частот 174-230 МГц и 470-862 МГц (РКР-06)
27. ГОСТ 12252-86 Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы
28. Рекомендация МСЭ-R M.489-2 Технические характеристики ОБЧ радиотелефонного оборудования, работающего в морской подвижной службе в каналах, разнесенных на 25 кГц
29. Сигналы с угловой модуляцией/  
<http://www.dsplib.ru/content/pmfm/pmfm.html>
30. Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного радіо доступу "UMDS" ТУ У32.2-19123337-018-2012
31. Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного "МІТРІС-2011" ТУ У 32.2-19123337.01
32. Сертифікат відповідності телерадіоінформаційної системи «ТРС-ТРОФІ» № UA1.030.0008158-11, серія ВВ, від 28.01.2011
33. Draft ETSI EN 300 113-1 V1.6.1 (2006-08) European Standard (Telecommunications series) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Land mobile service; Radio equipment intended for the transmission of

data (and/or speech) using constant or non-constant envelope modulation and having an antenna connector; Part 1: Technical characteristics and methods of measurement

34. Draft ETSI EN 300 086-1 V1.3.1 (2007-12) European Standard (Telecommunications series) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Land Mobile Service; Radio equipment with an internal or external RF connector intended primarily for analogue speech; Part 1: Technical characteristics and methods of measurement

35. ETSI EN 300 390-1 V1.2.1 (2000-09) European Standard (Telecommunications series) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Land Mobile Service; Radio equipment intended for the transmission of data (and speech) and using an integral antenna; Part 1: Technical characteristics and test conditions

36. ДСТУ 4184:2003 Радіостанції з кутовою модуляцією суходільної рухомої служби / Класифікація. Загальні технічні вимоги. Методи вимірювання. Київ. Держспоживстандарт України. 2004. – 60 с.

37. Рекомендация МСЭ-R М.493-14 (09/2015) Система цифрового избирательного вызова для использования в морской подвижной службе Серия М Подвижные службы, служба радиопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы

38. Recommendation ITU-R SM.1045-1 (07/1997). Frequency tolerance of transmitters. SM Series. Spectrum management

39. ETSI GSM Technical Specification GSM 05.05 March 1996 Version 5.0.0 Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio transmission and reception (GSM 05.05)

40. ETSI TS 100 912 V8.4.0 (2000-08) Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem synchronization (GSM 05.10 version 8.4.0 Release 1999)

41. ETSI TS 125 104 V11.3.0 (2012-10) Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Base Station (BS) radio transmission and reception (FDD) (3GPP TS 25.104 version 11.3.0 Release 11)

42. ETSI EN 300 392-2 V2.3.2 (2001-03) European Standard (Telecommunications series) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 2: Air Interface (AI)

43. ETSI TS 102 361-1 V1.2.1 (2006-01) Technical Specification Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Digital Mobile Radio (DMR) Systems; Part 1: DMR Air Interface (AI) protocol

44. И.П. Харченко, В.Л. Ленцман (Проблемная лаборатория по РК и ЭМС при СПб ГУТ) О необходимости гармонизации требований отечественных и международных документов к параметрам излучений мобильных систем связи, влияющим на ЭМС//Международный телекоммуникационный симпозиум «Мобильная связь». «Мультисервисные услуги в высокоскоростных системах мобильно связи». Сборник трудов. 27-30 июня 2006 г. Санкт-Петербург//<http://pandia.ru/text/77/484/2384.php>

45. Технический регламент «Цифровое телевидение. Системы, основные параметры и методы измерений» RT 38370700-003:2009

46. International Telecommunication Union: "Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06)".

47. Гаевский, А.Ю. 100% самоучитель. Создание Web-страниц и Web-сайтов. HTML и JavaScript / А.Ю. Гаевский, В.А. Романовский. - М.: Наука, 2015. - 464 с.

48. Дронов, В. JavaScript в Web-дизайне / В. Дронов. - М.: СПб: БХВ, 2014. - 880 с.

49. Кингсли-Хью, К.Э. JavaScript 1.5: учебный курс / К.Э. Кингсли-Хью. - М.: СПб: Питер, 2013. - 272 с.

50. Негрино JavaScript для начинающих / Негрино, Том. - М.: Огни, 2013. - 544 с.

51. Федоров, А.Г. JavaScript для всех / А.Г. Федоров. - М.: Машиностроение, 2012. – 384.

52. А.В.Фролов, Г.В. Фролов. Сервер Web своими руками. Язык HTML, приложения CGI и ISAPI, установка серверов Web для Windows. - М., ДИАЛОГ-МИФИ, 1998.-288 с.
53. А.В.Фролов, Г.В. Фролов. Сценарии JavaScript в активных страницах Web.-М., ДИАЛОГ-МИФИ, 1998.-284 с.
54. А.Федоров. JavaScript для всех. - М.: КомпьютерПресс, 1998.-384 с.
55. Антипов СВ. Современные технологии разработки Web-сайтов // Информатика и образование. - 2004. - №3.
56. Глушаков СВ., Жакин И.А., Хачиров Т.С. Программирование Web-страниц. - Харьков: Фолио, 2002.
57. Гончаров А. Самоучитель HTML.- СПб.: Питер, 2001.
58. Гультияев А.К., Машин В.А. Уроки Web-мастера. Технология и инструменты: Практическое пособие.- СПб.: КОРОНА принт, 2001
59. Дарнелл Р. JavaScript. Справочник. Спб.: Питер, 2000 - 418 с
60. Демин И.С. Гипертекстовые среды в обучении // Модели экономических систем и информационные технологии. Сборник научных трудов, вып. VII, - М.: Финансовая академия при Правительстве РФ, 2002 - 725 с.
61. Демин И.С. Концепция многослойного гипертекста // Модели экономических систем и информационные технологии. Сборник научных трудов, вып. VII - М.: Финансовая академия при Правительстве РФ, 2002 -725 с.
62. Денисенко Г.Ф. Охрана труда (учебное пособие для спец. вузов), М., Изд. Высшая школа, 1985
63. Дж.Мейнджер. JavaScript: основы программирования: Пер.с англ. - Киев: Издательская группа ВНУ, 1997.- 512 с.
64. Костарев А.Ф. PHP в Web-дизайне.- СПб.: ВНУ-Петербург, 2002.
65. Котеров Д. Самоучитель PHP4. - СПб.: ВНУ-Петербург, 2001. |19.
66. Крол Э. Все об Internet;- Киев: Торгово-издательское бюро ВНУ, 1995.
67. Лаушкина И.С. Разработка сценария on - line теста на языке Java Script // Информатика и образование. - 1999. - №9 91с.

68. Лори Б., Лори П. Apache: Установка и использование. - Киев: ВНУ, 1997.
69. Морис Б. HTML в действии. СПб.: «Питер», 1997 - 245 с.
70. Новоселова Е.Н., Кадыров И.Р. Создание Web-страниц с помощью HTML //Информатика и образование. - 2005. - №1-3.
71. Ованесбеков Л.Г. Технология построения гипертекстов. М.: Наука, физ - мат., 1993.
72. Пек С, Аррантс С. Web-сервер WebSite. - Киев: ВНУ, 1997.
73. Под ред. к.т.н. Павлова Н.Н. и инж. Шиллера Ю.И.,Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1.Москва, Стройиздат, 1992 г.
74. Под ред. к.т.н. Павлова Н.Н. и инж. Шиллера Ю.И.,Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2.Москва, Стройиздат, 1992 г.
75. Пышкина Э.П. Охрана труда на предприятиях БО (учебник для вузов). М., 1990
76. Р.Дарнелл. JavaScript: Справочник. - СПб: ПИТЕР, 1998.-192 с.
77. Роберт И.В. Современные информационные и коммуникационные технологии в системе среднего профессионального образования. /Методические рекомендации. М.: Научно-методический центр среднего профессионального образования министерства общего и профессионального образования РФ, 1999.
78. Роберт И.В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы; перспективы использования. М.: Школа-Пресс, 1994.
79. Роберт И.В., Самойленко П.И. Информационные технологии в науке и образовании. /Учебно-методическое пособие. М.: Московский государственный заочный институт пищевой промышленности Министерства общего и профессионального образования РФ, 1999.
80. Розанов В.С., Рязанов А.В. Обеспечение оптимальных параметров воздушной среды в рабочей зоне. Учебное пособие. Москва, МИРЭА, 1989

81. Румянцев Д. Сам себе Web-программист. Практикум создания качественного Web-сайта. - М.: ИНФРА-М, 2001. 1:35.
82. С.Айзекс DynamicHTML:пер. с англ.-СПб.-ВНУ-Санкт-Петербург,;Д998.- 496 с.
83. С.Дунаев.INTERNET-технологии. -М., ДИАЛОГ-МИФИД997.-288 с. .
84. Самгин Э.Б., Освещение рабочих мест. Текст лекций. Москва, МИРЭА,1989г.
85. Симдянов И. - Самоучитель PHP- 2005 г.
86. Спейнаур С, Куэрсиа'В. Справочник Web-мастера. - Киев: ВНУ, 1997.
87. Т.Кенцл. Форматы файлов Internet/Пер, с англ. - СПб: ПИТЕР, 1997.- 320 с.
88. Уилсон Р. Планирование стратегии интернет-маркетинга.- М.: ИД Гребенникова, 2003
89. Федоров А. JavaScript для всех. - М.: КомпьютерПресс, 1998.
90. Франклин Д., Паттон Б. Flash 4. Анимация в Интернете/ Пер. с англ.- СПб.: Символ-Плюс, 2000.
91. Фролов А.В., Фролов Г.В. Сервер Web своими руками. - М.: ДИАЛОГ- МИФИ, 1998.
92. Фролов А.В., Фролов Г.В. Сценарии JavaScript в активных страницах Web. -М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1998.
93. Хилайер С, Мизик Д. Программирование Active Server Page. - М.: Русская редакция, 1999.
94. Хоумер А. Dynamic HTML: справочник программиста. - СПб.: ПитерКом, 1998.
95. Человеческий фактор в обеспечении безопасности и охраны труда: Учеб.пособие/П.П. Кукин, Н.Л. Пономарёв, В.М. Попов, Н.И. Сердюк. - М.: Высшая школа, 2008
96. Шапошников И.В. Web-сайт своими руками: Практическое руководство. - СПб.: БВХ-Санкт-Петербург, 2000.

97. ЯргерР., Риз Дж., Кинг Т. MySQL и mSQL. Базы данных для небольших предприятий и Интернета. - СПб.: Символ-Плюс, 2000.