МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Кваліфікаційна наукова праця

на правах рукопису

КОВШАР ВАЛЕНТИН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК621.391

ДИСЕРТАЦІЯ

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ПІДСИСТЕМ РАДІОМОНІТОРИНГУ З КОНТРОЛЮ ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ

Спеціальність: 05.12.17 – Радіотехнічні та телевізійні системи

Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ В.О. Ковшар

Науковий керівник: Калюжний Микола Михайлович,
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Ідентичність всіх примірників дисертації засвідчую:

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради *В.М. Безрук*

Харків – 2021

АНОТАЦІЯ

Ковшар В.О. **Оцінювання ефективності функціонування регіональних підсистем радіомоніторингу з контролю використання радіочастотного ресурсу**. - Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 - радіотехнічні та телевізійні системи. Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2021.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі оцінювання ефективності функціонування регіональних підсистем радіочастотного моніторингу регіональних загальних користувачів з контролю використання радіотехнологіями і радіоелектронними засобами національного радіочастотного ресурсу шляхом розробки науково-методичного апарату з єдиною системою показників та критеріїв і програмно-алгоритмічного забезпечення для проведення автоматизованих розрахунків. Також в роботі обґрунтовані специфіка і показники оцінювання ефективності роботи різнотипних станцій радіоконтролю по комплексному виконанню основних завдань радіомоніторингу для оптимізації їх кількісного і якісного складу в регіональних підсистемах радіочастотного моніторингу і проводиться аналіз отриманих результатів для розробки рекомендацій спрямованих на розвиток і модернізацію поточного стану регіональних підсистем радіочастотного моніторингу в цілому.

В роботі проведено інформаційно-аналітичні дослідження за принципами побудови, структурою, функціями, важливістю завдань, технічним оснащенням і об'єктам радіомоніторингу національних систем радіочастотного моніторингу України та інших країн, на підставі яких сформульовано задачу оцінювання ефективності і процесу ведення радіомоніторингу підсистемами і засобами радіочастотного моніторингу.

В роботі отримав подальший розвиток методологічний підхід до оцінювання ефективності систем і процесу ведення радіочастотного моніторингу радіочастотного ресурсу, відмінністю якого є системно-методологічне об'єднання взаємопов'язаних системного підходу до аналізу складних ієрархічних систем і просторово-частотно-часового підходу до охоплення радіомоніторингом радіовипромінювальних радіоелектронних засобів по території, частотному діапазону і часу. На базі даного підходу запропоновані узагальнений показник і система часткових показників ефективності, які, на відміну від відомих, дозволяють оцінювати технічну, економічну, виробничу, техніко-економічну і техніко-виробничу ефективність системи радіочастотного моніторингу, її регіональних підсистем і станцій радіоконтролю щодо радіочастотного моніторингу використання національного радіочастотного ресурсу.

Вперше створено науково-методичний апарат оцінювання техніко-виробничої (інтегральної) ефективності функціонування системи радіочастотного моніторингу з радіомоніторингу реального використання радіочастотного ресурсу, що включає вдосконалений системно-методологічний підхід, просторово-частотно-часовий метод охоплення радіочастотним моніторингом випромінювань радіоелектронних засобів, методику розрахунку з єдиною системою показників і критеріїв ефективності, процедури розрахунку і прогнозу показників ефективності на трьох рівнях ієрархії системи радіочастотного моніторингу, а саме:

- вперше запропоновано і обґрунтовано просторово-частотно-часовий метод для оцінювання інтегральної техніко-виробничої ефективності (корисного результату) систем і процесу ведення радіочастотного моніторингу, який, на відміну від відомих, дозволяє встановити діалектичний зв'язок (поєднати протерічні елементи) між об'єктивно існуючим в просторі, по частоті та в часі радіочастотного ресурсу і ступенем його охоплення радіомоніторингом. На підставі даного методу розроблено систему узагальнених просторово-частотно-часових критеріїв і детермінованих та

імовірнісних показників оцінювання ефективності систем ведення радіочастотного моніторингу з основних завдань на трьох рівнях їх ієрархії: станції радіоконтролю - регіональні підсистеми радіочастотного моніторингу - системи радіочастотного моніторингу в цілому;

- вперше розроблена методика і система часткових показників ефективності оцінки інтегрального корисного результату ведення радіочастотного моніторингу національними системами радіочастотного моніторингу, яка враховує реальні дані з технічної оснащеності системи радіочастотного моніторингу, характеристики радіотехнологій, які підлягають радіочастотному моніторингу, площу і чисельність населення контрольованих регіонів. Методика і система приватних показників дозволяють, на відміну від відомих, оцінити не тільки виробничу, але і техніко-виробничу ефективність;

- удосконалено методику оцінювання ефективності різнотипних станцій радіоконтролю з комплексного виконання основних завдань радіомоніторингу існуючих груп радіотехнологій. На відміну від відомих, дана методика дозволяє оцінити продуктивність кожної станції радіоконтролю, оптимізувати кількісно-якісний склад парку станції радіоконтролю в регіональній підсистемі і підвищити ефективність планування і ведення процесу радіомоніторингу національної системи радіочастотного моніторингу загальних користувачів радіочастотного ресурсу;

- для автоматизації процедур розрахунків інтегральних техніко-виробничих і часткових виробничих показників ефективності ведення радіочастотного моніторингу станціями радіоконтролю, регіональними підсистемами і системами радіочастотного моніторингу в цілому, їх стаціонарною та мобільною складовими за заданий період часу і прогнозування їх на майбутні періоди розроблено програмно-алгоритмічне забезпечення.

Практична значимість створеного науково-методичного апарату полягає в його універсальності щодо оцінювання у просторово-частотно-часової області ефективності ведення радіочастотного моніторингу будь-якої

національної системи радіочастотного моніторингу з метою отримання результатів, необхідних для управління використанням радіочастотного ресурсу і застосування на різних рівнях організаційної структури, починаючи з досягнення загальних цілей системи і закінчуючи окремими операціями радіочастотного моніторингу.

Практична значимість розробленого програмно-алгоритмічного забезпечення складається із можливості проведення автоматизованих розрахунків інтегральних техніко-виробничих і часткових виробничих показників ефективності функціонування системи радіочастотного моніторингу, регіональних підсистем і їх стаціонарних і мобільних складових за заданий період часу і прогнозування показників ефективності функціонування регіональних підсистем і системи радіочастотного моніторингу в цілому на задані періоди. Аналіз розрахованих показників ефективності дозволяє виявити сильні і слабкі сторони функціонування кожної регіональної підсистеми і системи радіочастотного моніторингу з контролю кожної групи радіотехнологій та вирішення кожного завдання радіочастотного моніторингу, недостатність або надмірність відповідних станцій радіоконтролю в кожному регіоні.

На основі вихідних даних за реальними характеристиками регіональних підсистем і станцій радіоконтролю, що визначаються розробленною методикою, проведені розрахунки зазначених вище показників ефективності для всіх регіональних підсистем в Україні, аналіз яких дозволив виявити сильні і слабкі сторони ведення радіочастотного моніторингу кожною регіональною підсистемою з контролю функціонування кожної групи радіотехнологій та вирішення кожного завдання радіочастотного моніторингу. Проведена перевірка адекватності розробленого науково-методичного апарату оцінювання ефективності функціонування регіональних пісистем і можливість його адаптації до інших національних систем на прикладі системи радіочастотного моніторингу України загальних користувачів до і після її реорганізації. Порівняльний аналіз отриманих різними способами результатів

показав, що показники ефективності відрізняються на 2,5-3% і знаходяться в межах статистичної похибки.

Отримані результати розрахунку дозволили розробити рекомендації щодо розвитку і вдосконалення станцій радіоконтрою, регіональних підсситем і національної системи радіочастотного моніторингу загальних користувачів. Запропонована методологія і програмно-алгоритмічне забезпечення реалізовані, впроваджені та використовуються у виробничому процесі Державного підприємства «Український державний центр радіочастот».

Практична цінність розробленого програмно-алгоритмічного забезпечення перевірена на практиці при оцінці техніко-виробничої та виробничої ефективності ведення радіочастотного моніторингу національною системою радіочастотного моніторингу України загальних користувачів. На основі результатів розрахунку розроблено та обґрунтовано рекомендації щодо подальшого вдосконалення кожної окремої регіональної підсистеми і системи радіочастотного моніторингу України в цілому, а також пропозиції щодо розробки і модернізації існуючих станцій радіоконтролю.

Розроблені математичні моделі, методи та алгоритми впроваджені в навчальний процес на кафедрі «Інформаційно-мережевої інженерії» Харківського національного університету радіоелектроніки та використовувались при виконанні двох планових і чотирьох госпрозрахункових науково-дослідних робіт (відповідно до тематичного плану Міністерства освіти і науки України) Проблемною науково-дослідною лабораторією радіомоніторингу і обробки радіотехнічної інформації Науково-дослідного центру інтегрованих інформаційних систем і технологій науково-дослідної частини Харківського національного університету радіоелектроніки.

Ключові слова: система, радіочастотний моніторинг, радіочастотний ресурс, ефективність, інформаційно-розрахункова система, засоби радіоконтролю.

ABSTRACT

Kovshar V.O. Assessment of the effectiveness of the operation of regional radio monitoring subsystems to control use of the radio frequency resource. - Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

Thes is for a Candidate of Science Degree in Specialty 05.12.17 - Radio and Television Systems. Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkov, 2021.

The dissertation is devoted to the decision of an actual scientific and applied problem of estimation of efficiency of functioning of regional subsystems of radio frequency monitoring of regional general users on control of use by radio technologies and radio electronic means of a national radio frequency resource by development of the scientific and methodical device. The paper also substantiates the specifics and indicators for assessing the effectiveness of various types of radio control stations for the comprehensive implementation of the main tasks of radio monitoring to optimize their quantitative and qualitative composition in regional subsystems of radio frequency monitoring.

The work conducted information and analytical research on the principles of construction, structure, functions, importance of tasks, technical equipment and objects of radio monitoring of national radio frequency monitoring systems of Ukraine and other countries, on the basis of which the task of evaluating efficiency and process of radio monitoring subsystems and means of radio monitoring is formulated.

The methodological approach to evaluating the efficiency of systems and the process of radio frequency monitoring of radio frequency resource was further developed, the difference of which is the system-methodological combination of interconnected system approach to the analysis of complex hierarchical systems and space-frequency-time approach to radio monitoring of radio monitoring and radio monitoring, means on the territory, frequency range and time. Based on this approach, a generalized indicator and a system of partial efficiency indicators are

proposed, which, in contrast to the known ones, allow to evaluate technical, economic, production, technical-economic and technical-production efficiency of the radio frequency monitoring system, its regional subsystems and radio control stations, national radio frequency resource.

For the first time a scientific and methodological apparatus for evaluating the technical and production (integrated) efficiency of the radio frequency monitoring system for radio monitoring of the actual use of radio frequency resources, including an improved system-methodological approach, spatial-frequency-temporal method of radio frequency monitoring, and radio frequency monitoring, system of indicators and criteria of efficiency, procedures for calculation and forecast of efficiency indicators at three levels of the hierarchy of the radio frequency monitoring system, namely:

- for the first time a spatial-frequency-temporal method for evaluating the integrated technical and production efficiency (useful result) of systems and the process of radio frequency monitoring is proposed and substantiated, which, in contrast to the known ones, allows to establish a dialectical connection between combined elements, effectively existing in space, frequency and time of the radio frequency resource and the degree of its coverage by radio monitoring. Based on this method, a system of generalized space-frequency-time criteria and deterministic and probabilistic indicators for assessing the effectiveness of radio frequency monitoring systems on the main tasks at three levels of their hierarchy: radio control stations - regional subsystems of radio frequency monitoring - radio frequency monitoring system;

- for the first time developed a method and system of partial indicators of efficiency of assessment of integrated useful result of radio frequency monitoring by national radio frequency monitoring systems, which takes into account real data on technical equipment of radio frequency monitoring system, characteristics of radio technologies subject to radio frequency monitoring and population area. The methodology and system of private indicators allow, in contrast to the known, to assess not only production but also technical and production efficiency;

- the method of evaluation of efficiency of various types of radio control stations on complex performance of the main tasks of radio monitoring of existing groups of radio technologies is improved. In contrast to the known, this technique allows you to assess the performance of each radio control station, optimize the quantitative and qualitative composition of the fleet of radio control stations in the regional subsystem and increase the efficiency of planning and conducting the radio monitoring process of the national radio frequency monitoring system;

- to automate the procedures for calculating integrated technical and production and partial production indicators of radio frequency monitoring efficiency by radio control stations, regional subsystems and radio frequency monitoring systems in general, their stationary and mobile components for a given period of time and forecasting them for future periods.

The practical significance of the created scientific and methodological apparatus lies in its versatility in assessing in space-frequency-time domain the effectiveness of radio frequency monitoring of any national radio frequency monitoring system to obtain the results needed to manage the use of radio frequency resources and applications at different levels of organizational structure, starting from the achievement of the general goals of the system and ending with individual operations of radio frequency monitoring.

The practical significance of the developed software and algorithmic software consists of the possibility of automated calculations of integrated technical and production and partial production performance indicators of the radio frequency monitoring system, regional subsystems and their stationary and mobile components for a given period of time and forecasting performance indicators of regional radio subsystems, as a whole for the set periods. The analysis of the calculated efficiency indicators allows to identify the strengths and weaknesses of each regional subsystem and radio frequency monitoring system to control each group of radio technologies and solve each problem of radio frequency monitoring, insufficiency or redundancy of relevant radio control stations in each region.

Based on the initial data on the real characteristics of regional subsystems and

radio control stations, determined by the developed methodology, the calculations of the above performance indicators for all regional subsystems in Ukraine, the analysis of which revealed the strengths and weaknesses of radio frequency monitoring by each regional subsystem. radio technologies and solving each problem of radio frequency monitoring. The adequacy of the developed scientific and methodological apparatus for assessing the effectiveness of regional systems and the possibility of its adaptation to other national systems on the example of the system of radio frequency monitoring of Ukraine of general users before and after its reorganization. Comparative analysis of the results obtained in different ways showed that the efficiency indicators differ by 2.5-3% and are within the statistical error. The practical value of the developed software and algorithmic software is tested in practice when assessing the technical and production and production efficiency of radio frequency monitoring by the national system of radio frequency monitoring of Ukraine of general users. The obtained calculation results allowed to develop recommendations for the development and improvement of radio control stations, regional subsystems and the national system of radio frequency monitoring of general users. The proposed methodology and software-algorithmic software are implemented, implemented and used in the production process of the State Enterprise "Ukrainian State Center of Radio Frequencies".

The developed mathematical models, methods and algorithms were introduced into the educational process at the Department of Information and Network Engineering of Kharkiv National University of Radio Electronics and used in two planned and four self-supporting research works (according to the thematic plan of the Ministry of Education and Science of Ukraine) - research laboratory of radio monitoring and processing of radio technical information of the Research Center of Integrated Information Systems and Technologies of the research part of the Kharkiv National University of Radio Electronics.

Keywords: system, radio frequency monitoring, radio frequency resource, efficiency, information and calculation system, radio control facilities.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Калюжный Н.М. Системная методология оценивания эффективности функционирования национальных систем радиочастотного мониторинга на основе пространственно-частотно-временного подхода / Н.М. Калюжный, И.М. Николаев, В.А. Ковшарь // Прикладная радиоэлектроника- 2013, - Т.12, - № 3, - С. 375-386.

2. Калюжный Н.М. Методика оценивания эффективности функционирования системы мониторинга общих пользователей радиочастотного ресурса на основе пространственно-частотно-временного подхода. Часть 1 / Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшарь //Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. –2013, №172, - С. 160-169.

3. Калюжный Н.М. Методика оценивания эффективности функционирования системы мониторинга общих пользователей радиочастотного ресурса на основе пространственно-частотно-временного подхода. Часть 2/ Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшарь //Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб.–2013, - №173, - С. 101-109.

4. Калюжний М.М. Методический подход к оценке эффективности работы средств радиоконтроля по комплексному решению задач радиочастотного мониторинга/ М.М. Калюжний, О.І. Задонський, В.О. Ковшар // Системи озброєння і військова техніка. Науковий журнал –Х: Харківський Університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, - 2015, - Вип. 2(42), - С. 99-105.

5. Калюжный Н.М. Информационно-расчетная система и результаты оценивания эффективности функционирования системы радиочастотного мониторинга в полосах частот общего пользования / Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшарь // Системы обработки информации. Науковий журнал. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, - 2016, - Вип. 3(140), - С. 57-63.

6. Kalyuzhny N.M. Methodical Approach to Estimation of Effectiveness of

the Radio Frequency Monitoring System / N.M. Kalyuzhny, A.I. Zadonskiy, V.A. Kovshar // International Journal of Science and Research (IJSR). – 2018. - Volume 7 Issue 3, - P. 899 – 905. DOI: 10.21275/ART2018659.

7. Yu Zheng. Multi-Criteria Selection of the Preferred Protocol of Routing in Ad-Hoc Networks by Hierarchies Analysis Method / Yu Zheng, V. Semenets, V. Bezruk, V. Kovshar, Guo Qiang // International Journal of Science and Research (IJSR). – 2019. - Volume 8, Issue 11,- P. 159-162. DOI: 10.21275/ART20202327.

8. Калюжный Н.М. Методика и результаты оценки пространственно-частотно-временных показателей эффективности функционирования системы радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, И.М. Николаев, А.М. Попов, В.А. Ковшар, А.И. Задонский, В.Г. Благодарный // 4-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». - Украина, Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 18-21 октября 2011,- Том I, Ч. 2, - С. 213-218.

9. Николаев И.М. Постановка и алгоритм решения задачи оценки эффективности региональной системы радиомониторинга / И.М. Николаев, А.И. Задонский, В.А. Ковшарь //Шоста наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору» -Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба,14-15 квітня 2010, - С. 187.

10. Калюжный Н.М. Автоматизация процессов и результаты анализа соответствия распределения полос радиочастот в Украине и Европейском Союзе / А.М.Попов, С.А.Галкин, В.А.Ковшарь // Шоста наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору», - Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 14-15 квітня 2010,- С. 186.

11. Калюжный Н.М. Методика и результаты оценки пространственно-частотно-временных показателей эффективности фунционирования системы радиочастотного мониторинга по решению основных задач / Н.М. Калюжный, С.А. Галкин, А.М. Попов, В.А. Ковшар // XVIII международная научно-техническая конференция «РАДИОЛОКАЦИЯ НАВИГАЦИЯ СВЯЗЬ»- Росийская Федерация, Воронеж, - 2013, - Т.3, - С. 1892-1903.

12. Калюжный Н.М. Разработка показателей эффективности функционирования региональных подсистем радиочастотного мониторинга по оценке реального состояния использования радиочастотного ресурса / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.А. Ковшарь // Сьома наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору» - Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 13-14 квітня 2011, - С. 232-233.

13. Калюжный Н.М. Технико-экономические показатели эффективности функционирования региональной системы радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.А. Ковшар, А.С. Бутченко // Сьома наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору»- Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 13-14 квітня 2011, - С. 233-234.

14. Ковшарь В.А. Оценивание показателей производственной мощности стационарных, мобильных и портативных средств технического радиоконтроля // 15-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке»- Україна, Харьков, ХНУРЭ, 10-12 апреля 2011, - Т3, - С.187-188.

15. Калюжный Н.М. Методический аппарат и программный комплекс оценивания эффективности функционирования системы радіочастотного мониторинга» / Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшар. //Восьма наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору» - Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 18-19 квітня 2012 року, С. 242-243.

16. Ковшарь В.А. Методика и алгоритм построения зон радиодоступности станций радиоконтроля // 16-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». - Украина, Харьков, ХНУРЭ, 17-19 апреля 2012,- Т. 3, - С. 177-178.

17. Калюжный Н.М. Оценивание эффективности работы разнотипных средств радиоконтроля при решении основных задач радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, В.А. Ковшар, А.И. Задонский, Н.Н. Скринник // V-й Международный Радиоэлектронный Форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» - Украина, Харьков,

14-17 октября 2014. - Т.1, - С. 274-277.

18. Калюжный Н.М. Способ и алгоритм оценивания зон электромагнитной доступности и совместимости широкодиапазонных средств радиоконтроля / Ковшар В.А., Коржуков К.Н., Галкин С.А. // V-й Международный Радиоэлектронный Форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» - Украина, Харьков, 14-17 октября 2014, - Т.1, - С. 265-269.

19. Калюжный Н.М. Результаты оценивания эффективности функционирования региональных подсистем радиочастотного мониторинга Украины / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.И. Колесник, В.А. Ковшарь // Дев'ята наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору»,- Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба,17-18 квітня 2013, - С. 362

20. Калюжный Н.М. Оценивание эффективности работы разнотипных средств радиоконтроля по ведению радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.А. Ковшарь // Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи» - Украина, Харьков, ХНУРЭ, 27 мая 2015 г., - С. 74-77.

21. Kalyuzhniy N.M. Ways of calculating the electromaggnetik field intensity for assessment of electromagnetic compatibility of radio-monitoring stations / Kalyuzhniy N.M., Chernov A.B., Semenov G.V., Galkin S.A., Kovshar V.A. // X Anniversary international conference on antenna theory and techniques (ICATT-2015) -Ukraine, Kharkiv, 21-24 April 2015, - P. 111-113.

22. Сенников В.Ю. Результаты создания информационного базиса спектральных масок передатчиков РЭС для автоматизации процесса радиомониторинга / В.Ю. Сенников, В.А. Ковшарь, М.В. Солнышков // 20-й Юбилейный Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», Україна, Харьков, ХНУРЭ, 19-21 апреля 2016, - С. 12-13.

23. Ковшар В.А. Информационно-расчетная система «Радиомониторинг-М»/ В.А. Ковшар, А.В. Хряпкин // Выставка технического

творчества молодежи 19-го международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в 21 веке». Каталог выставки технического творчества молодежи. - Украина, Харьков, ХНУРЭ, 12 апреля 2015, - С.20-22.

24. Калюжный Н.М. Сравнительный анализ методик расчета распространения радиоволн для практической реализации оценки электромагнитной совместимости / Н.М. Калюжный, А.Б. Чернов, А.В. Хряпкин, В.А. Ковшарь // «Проблеми ЕМС перспективних безпроводових мереж зв'язку - Україна, Харків, ХНУРЭ, 21-22 травня 2019, - С. 1-3.

25. Калюжний М.М. Комп’ютерна програма «Інформаційно-розрахункова система оцінювання та прогнозування показників ефективності функціонування при виконанні системою радіочастотного моніторингу України своїх основних завдань» / М.М. Калюжний, В.І. Колісник, О.І. Задонський, В.О. Ковшар, І.М. Ніколаєв, // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 53955 від 05.03.2014.

26. Калюжний М.М. Комп’ютерна програма «Інформаційно-розрахункова система моделювання і оцінювання можливостей систем радіочастотного моніторингу по територіально-частотному охвату радіоконтролем РЕЗ» / М.М. Калюжний, О.І. Задонський, В.І. Колісник, В.О. Ковшар, О.В. Хряпкін, С.О. Галкін, К.М. Коржуков // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 66935 від 29.07.2016.

27. Калюжний М.М. Комп’ютерна програма «Інформаційно-розрахункова система територіально-частотно-апаратного планування і оптимізації функціональної структури систем радіочастотного моніторингу радіочастотного ресурсу» / М.М. Калюжний, О.І. Задонський, В.І. Колісник, В.О. Ковшар, О.В. Хряпкін , С.О. Галкін, К.М. Коржуков // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 70086 від 26.01.2017.

28. Калюжний М.М. Спосіб імітаційного статистичного моделювання системи розпізнавання радіовипромінювальних об'єктів// М.М. Калюжний, І.М. Ніколаєв, О.В. Хряпкін, В.М. Безрук, С.О. Галкин, О.І. Задонський, В.О. Ковшар. Патент на корисну модель №135543 від 10.07.2019.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА ТЕРМІНІВ 19

ВСТУП 21

РОЗДІЛ 1 ОБГРУНТУВАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ І ПРОЦЕСУ ВЕДЕННЯ РАДІОМОНІТОРИНГУ 32

1.1 Роль і завдання радіомоніторингу в сфері використання радіочастотного ресурсу 32

1.2 Аналіз способів побудови і умов функціонування систем радіочастотного моніторингу 37

1.2.1 Загальні вимоги та підходи до побудови 37

1.2.2 Умови функціонування системи радіочастотного моніторингу України 40

1.2.3 Структура, завдання та технічне оснащення системи радіочастотного моніторингу України 42

1.3 Підходи, методи та науково-технічна задача оцінювання ефективності функціонування регіональних підсистем радіочастотного моніторингу 47

1.3.1 Аналіз підходів і методів оцінювання ефективності функціонування складних систем 47

1.3.2 Обгрунтування підходу, методу і завдання досліджень з оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу регіональними підсистемами .. 52

1.4 Висновки по розділу 1 56

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ПРОСТОРОВО-ЧАСТОТНО-ЧАСОВОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕДЕННЯ РАДІОМОНІТОРИНГУ РЕГІОНАЛЬНИМИ ПІДСИСТЕМАМИ 59

2.1 Обгрунтування методологічного підходу до оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу регіональними підсистемами і засобами радіоконтролю 59

2.2 Розробка показників та критеріїв оцінювання ефективності функціонування регіональних підсистем 64

2.2.1 Обгрунтування інтегральних техніко-виробничих показників і критеріїв ефективності 64

2.2.2 Розробка системи імовірнісних техніко-виробничих показників і критеріїв ефективності 67

2.2.3 Розробка системи детермінованих техніко-виробничих показників і критеріїв ефективності ... 71

Висновки по розділу 2 ... 75

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ І ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІКО-ВИРОБНИЧОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕДЕННЯ РАДІОМОНІТОРИНГУ ... 78

3.1 Методика оцінювання техніко-виробничої ефективності ведення радіомоніторингу ... 78

3.1.1 Вихідні дані для розрахунку техніко-виробничої ефективності ведення радіомоніторингу ... 78

3.1.2 Порядок оцінювання техніко-виробничих показників ефективності при вирішенні задачі контролю параметрів зареєстрованих радіоелектронних засобів ... 80

3.1.3 Порядок оцінювання техніко-виробничих показників ефективності при вирішенні завдання контролю зайнятості смуг частот ... 83

3.1.4 Порядок оцінювання техніко-виробничої ефективності при вирішенні задачі виявлення незаконно діючих передавачів ... 86

3.1.5 Порядок розрахунку техніко-виробничих показників ефективності при вирішенні задачі виявлення джерел радіозавад ... 88

3.1.6 Удосконалена методика оцінювання показників продуктивності, виробничої потужності і ефективності роботи станцій радіоконтролю .. 89

3.1.7 Порядок оцінювання показників продуктивності, виробничої потужності і ефективності роботи станцій радіоконтролю ... 96

3.1.8 Порядок оцінювання загальної техніко-виробничої ефективності ведення радіомоніторингу ... 101

3.2 Розробка алгоритмічного забезпечення оцінювання просторово-частотно-часової ефективності ведення радіомоніторингу ... 103

3.2.1 Узагальнений алгоритм розрахунку ефективності ведення радіомоніторингу ... 103

3.2.2 Обгрунтування структури і складу бази даних для розрахунку ефективності роботи ... 106

3.3 Висновки по розділу 3 ... 110

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ПІДСИСТЕМ РАДІОЧАСТОТНОГО МОНІТОРИНГУ ... 113

4.1 Структура програмного комплексу для автоматизованого розрахунку ефективності ... 113

4.2 Оцінка ефективності функціонування по вирішенню основних задач радіочастотного моніторингу ... 120

4.2.1 Розрахунок показників ефективності функціонування при вирішенні задачі контролю параметрів випромінювання РЕЗ 120

4.2.2 Розрахунок показників ефективності функціонування при вирішенні задачі контролю смуг частот 124

4.2.3 Розрахунок показників ефективності при вирішенні задачі виявлення незаконно діючих передавачів і джерел радіозавад 127

4.3 Розрахунок виробничих та інтегральних показників ефективності функціонування системи радіочастотного моніторингу 128

4.4 Реорганізація структури національної системи радіочастотного моніторингу 132

4.5 Порівняльний аналіз результатів застосування методології оцінювання ефективності функціонування 134

4.7 Висновки по розділу 4 139

ВИСНОВКИ 142

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 144

ДОДАТОК А - Акти впровадження результатів дисертаційної роботи..... 158

ДОДАТОК Б - Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації..... 162

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА ТЕРМІНІВ

АРМ - автоматизоване робоче місце;

АСОД - автоматизована система обробки даних радіоконтролю;

АСТРК - автоматизована система технічного радіоконтролю;

БД - база даних;

БДП - база даних прісвоєнь радіочастот;

БДР - база даних результатів технічного радіоконтролю;

БС - базова станція;

ВП - віпромінювальній пристрій;

ДІЗ - Державна інспекція зв'язку;

ДРВ - джерело радіовіпромінювань;

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 передавача;

НКРЗІ - національна комісія по вопросам регулювання зв'язку та інформатизації;

ПТК - первинний технічний контроль;

ПТРК - пункт технічного радіоконтролю;

ПУ - пункт управління підсістемі;

РВ - радіовипромінювання;

РЕЗ - радіоелектронній засіб;

РК - радіоконтроль;

РМ - радіомоніторінг;

РМВ - радіомовлення;

РП РЧМ - регіональна підсистема радіочастотного моніторингу;

РРС - радіорелейна станція;

РТПС - радіотелевізійна передавальна станція;

РЧМ - радіочастотній моніторинг;

РЧР - радіочастотній ресурс;

СЕРТ - Європейська конференція адміністрацій пошт 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 - шірокосмугова система;

УРЧМ - управління радіочастотного моніторингу;

ЦПУ - центральний пункт управління.

ВСТУП

Актуальність теми

Проблема підвищення ефективності в багатьох сферах діяльності сучасного суспільства з кожним днем набуває все більшого значення. У зв'язку з інтенсивним розвитком інформаційних радіоелектронних систем і технологій ця проблема торкнулася і сфери радіочастотного моніторингу. Зростання кількості радіоелектронних засобів (РЕЗ) та різних випромінюючих пристроїв (ВП) в кінцевому підсумку приведуть до того, що національні радіочастотні органи, на певному етапі, без належної модернізації і розвитку, втратять своє значення і можливості впливу на якісне управління в сфері регулювання використання радіочастотного ресурсу (РЧР).

Найважливішу роль в забезпеченні використання РЧР, легітимності роботи РЕЗ та їх електромагнітної сумісності грають національні системи радіочастотного моніторингу (СРЧМ). Регіональні підсистеми радіочастотного моніторингу (РП РЧМ), як основні структурні підрозділи СРЧМ, вирішують завдання збору, обробки, аналізу і зберігання даних про параметри сигналів і характеристики випромінювань РЕЗ. В умовах дефіциту вільного РЧР на національні СРЧМ покладається вирішення таких основних завдань:

- радіочастотний моніторинг дотримання користувачами РЧР правил і порядку його використання;
- контроль виконання умов наданих ліцензій і дозволів на експлуатацію РЕЗ;
- своєчасне виявлення незаконно діючих передавачів;
- своєчасне виявлення і усунення дій радіоперешкод.

На практиці рішення цих чотирьох технічних завдань здійснюється шляхом безперервного або періодичного радіомоніторингу.

Система радіочастотного моніторингу України активно розвивалася

протягом останніх 15 років і на сьогоднішній день є однією з найбільших в Європі. Вона була створена Державним підприємством «Український державний центр радіочастот» (ДП «УДЦР») і в даний час включає до свого складу близько 140 мобільних і майже 200 стаціонарних засобів радіоконтролю (СРК), які розгорнуті в більш ніж 100 населених пунктах України. Процесом радіомоніторингу охоплені близько 200 тис. РЕЗ. При цьому всі стаціонарні СРК працюють в автоматизованому режимі, а їх функціональні і технічні можливості повністю відповідають вимогам до станцій радіоконтролю, визначеним Міжнародним союзом електрозв'язку. Деякі зразки мобільних СРК, зокрема - спеціалізовані станції радіоконтролю типу ССТК і РМ-ШСД, є унікальними [28].

Результат функціонування просторово-розподіленої СРЧМ і її РП РЧМ безпосередньо впливає на прийняття управлінських рішень в сфері регулювання РЧР. Удосконалення і підвищення ефективності РП РЧМ, як основних ланок СРЧМ, дозволить не тільки зберегти поточні позиції, але і істотно підвищити можливості системи в сфері регулювання використання національного РЧР в сучасних умовах розвитку телекомунікацій.

Тим часом, проведений аналіз доступної науково-технічної літератури показав, що в прямій постановці немає єдиного і чітко сформульованого підходу щодо оцінювання техніко-виробничо-економічної ефективності систем і процесу ведення радіочастотного моніторингу (РЧМ). Не існує методик і єдиної системи показників і критеріїв ефективності виконання різних технічних завдань РЧМ, а є публікації тільки за окремими складовими радіочастотного моніторингу та приватним показниками ймовірнісної, виробничої або економічної ефективності [27, 55, 118, 119].

Виходячи з викладеного, проблема розробки підходу і методу оцінювання ефективності ведення радіочастотного моніторингу національними СРЧМ, їх РП РЧМ і станціями радіоконтролю (СРК) є **актуальною.** У зв'язку з цим, актуальна і тема дисертаційної роботи, яка присвячена розробці науково-методичного апарату оцінювання ефективності

РП РЧМ з єдиною системою показників та критеріїві програмно-алгоритмічного забезпечення для проведення автоматизованих розрахунків з метою підвищення ефективності робіт, пов'язаних з радіочастотним моніторингом і електромагнітною сумісністю РЕЗ. В роботі також обґрунтовуються специфіка та показники оцінювання ефективності роботи різнотипних СРК з комплексного виконання основних завдань радіомоніторингу для оптимізації їх кількісного і якісного складу в РП РЧМ і проводиться аналіз отриманих результатів для розробки рекомендацій спрямованих на розвиток і модернізацію поточного стану РП РЧМ і СРЧМ в цілому.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційні дослідження пов'язані з плановими і договірними науково-дослідними роботами, виконаними в Харківському національному університеті радіоелектроніки: № 240 «Дослідження складових підсістем спостереження, навігації, радіомоніторінгу, зв'язку державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухом об'єктами» (ДР № 0113U00360); № 263 «Перспективні технології та засоби спостереження, навігації та радіомоніторінгу в інтегрованіх інформаційних системах управління складаними дінамічними об'єктами» (ДР № 0111U002629); «Розробка показніків ефектівності функціонування системи радіочастотного моніторингу», (ДР №0110U004209); «Розроблення програмного забезпечення для розрахунків ефектівності функціонування системи радіомоніторінгу и ЕМС засобів радіоконтролю на місці їх розташування», (ДР № 0112U004397); «Розроблення програмного забезпечення для розрахунків зон електромагнітної досяжності станцій радіоконтролю на территории України», (ДР №0113U005902); в яких здобувач був виконавцем.

Мета і завдання досліджень

Метою дисертаційної роботи є розробка підходу і методу оцінювання

техніко-виробничої ефективності роботи регіональнихпідсистем і засобів РЧМ по вирішенню основних завдань радіомоніторингу для обґрунтування пропозицій і рекомендацій щодо їх вдосконалення в інтересах подальшого розвитку національних СРЧМ.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалася актуальна науково-технічна задача розробки науково-методичного апарату (методу, методики, процедур і алгоритмів) оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ і СРК, що базується на запропонованому в співавторстві системно-методологічному підході, який включає системний аналіз складних ієрархічних систем і просторово-частотно-часовий метод оцінки ефективності радіомоніторингу виділеного РЧР та дозволяє, **на відміну від відомих,** провести інтегральну техніко-виробничу оцінку ефективності їхньої роботи щодо вирішення основних завдань радіомоніторингу в просторово-частотно-часової області існування випромінювань радіоелектронних засобів (РЕЗ).

Для розробки науково-методичного апарату в роботі необхідно вирішити наступні окремі задачі:

1. Провести інформаційно-аналітичні дослідження за принципами побудови, структурою, функціями, важливістю завдань, технічним оснащенням і об'єктам радіомоніторингу національних СРЧМ України та інших країн, на підставі яких сформульовано задачу оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу регіональними підсистемами і засобами РЧМ.

2. Запропонувати науково-методичний апарат оцінювання техніко-виробничої (інтегральної) ефективності функціонування СРЧМ з радіомоніторингу реального використання РЧР, що включає вдосконалений системно-методологічний підхід, просторово-частотно-часовий метод охоплення радіочастотним моніторингом випромінювань РЕЗ, методику розрахунку з єдиною системою показників і критеріїв ефективності, процедури розрахунку і прогнозу показників ефективності на трьох рівнях

ієрархії СРЧМ.

3. Розробити програмно-алгоритмічне забезпечення для автоматизації процедури розрахунку інтегральних техніко-виробничих і приватних виробничих показників ефективності ведення радіочастотного моніторингу СРК, РП РЧМ і СРЧМ в цілому, їх стаціонарною та мобільною складовими за заданий період часу і прогнозування їх на майбутні періоди.

4. На основі вихідних даних з реальних характеристик РП РЧМ і СРК, що визначаються запропонованою методикою, провести розрахунки зазначених вище показників ефективності для всіх РП РЧМ, аналіз яких дозволить виявити сильні і слабкі сторони процесу ведення радіочастотного моніторингу кожною РП РЧМ з контролю кожної групи радіотехнологій та вирішення кожного завдання РЧМ.

5. На основі аналізу результатів розрахунку розробити рекомендації щодо розвитку і вдосконалення СРК, РП РЧМ і національної СРЧМ загальних користувачів.

Об'єкт дослідження - регіональні підсистеми і процес ведення радіочастотного моніторингу використання РЧР радіовипромінюваннями РЕЗ різних радіотехнологій.

Предмет дослідження - підходи, метод, методика, процедури і алгоритм оцінювання ефективності ведення РЧМ регіональними підсистемами і СРК радіовипромінювань РЕЗ та зайнятості смуг частот (СЧ).

Методи дослідження - інформаційно-аналітичний, системний, просторово-частотно-часовий, теорії ймовірностей, об'єктно-орієнтованого програмування і побудови об'єктно-реляційних баз даних, включаючи:

- інформаційно-аналітичний метод для збору, аналізу та узагальнення відомостей про системи, підсистеми, засоби і об'єкти (радіотехнології) РЧМ;
- системний метод для обґрунтування ієрархічної структури СРЧМ,

визначення головної мети її функціонування, побудови «дерева» цілей і операцій на всіх рівнях ієрархії, обґрунтування показників і критеріїв ефективності;

- запропонований просторово-частотно-часовий метод для визначення міри радіочастотного моніторингу у вигляді контрольованого просторово-частотно-часового простору, конкретизації мети та підцілей СРЧМ і аналітичного опису детермінованих показників та критеріїв ефективності;

- методи теорії ймовірності для розробки ймовірнісної системи показників ефективності та прогнозування отриманих значень показників на заданий період;

- об'єктно-орієнтованого програмування і побудови об'єктно-реляційних баз даних для розробки програмного забезпечення (ПО) і концептуальної схеми бази даних проведення розрахунків.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Отримав подальший розвиток методологічний підхід до оцінювання ефективності систем і процесу ведення радіочастотного моніторингу РЧР, відмінністю якого є системно-методологічне об'єднання взаємопов'язаних системного підходу до аналізу складних ієрархічних систем і просторово-частотно-часового підходу до охоплення радіомоніторингом радіовипромінювальних РЕЗ по території, частотному діапазону і часу. На базі даного підходу запропоновані узагальнений показник і система часткових показників ефективності, **які, на відміну від відомих**, дозволяють оцінювати технічну, економічну, виробничу, техніко-економічну і техніко-виробничу ефективність систем РЧМ, її РП РЧМ і СРК щодо радіочастотного моніторингу використання національного РЧР.

2. Вперше запропоновано і обґрунтовано **просторово-частотно-часовий метод** для оцінювання інтегральної техніко-виробничої ефективності (корисного результату) систем і процесу ведення радіочастотного моніторингу, **який, на відміну від відомих,** дозволяє встановити

діалектичний зв'язок (поєднати протерічні елементи) між об'єктивно існуючим в просторі, по частоті та в часі РЧР і ступенем його охоплення радіомоніторингом. На підставі даного методу розроблено систему узагальнених просторово-частотно-часових критеріїв і детермінованих та імовірнісних показників оцінювання ефективності систем ведення РЧМ з основних завдань на трьох рівнях їх ієрархії: засоби радіоконтролю (СРК) - регіональні підсистеми радіочастотного моніторингу (РП РЧМ) - СРЧМ в цілому.

3. Вперше розроблена методика і система часткових показників ефективності оцінки інтегрального корисного результату ведення радіочастотного моніторингу національними СРЧМ, яка враховує реальні дані з технічної оснащеності СРЧМ, характеристики радіотехнологій, які підлягають радіочастотному моніторингу, площу і чисельність населення контрольованих регіонів. **Методика і система приватних показників дозволяють, на відміну від відомих**, оцінити не тільки виробничу, але і техніко-виробничу ефективність СРЧМ.

4. Удосконалено методику оцінювання ефективності різнотипних СРК з комплексного виконання основних завдань радіомоніторингу існуючих груп радіотехнологій. **На відміну від відомих, дана методика дозволяє оцінити продуктивність кожного СРК, оптимізувати кількісно-якісний склад парку СРК в РП РЧМ і підвищити ефективність планування і ведення процесу радіомоніторингу національної СРЧМ** загальних користувачів РЧР.

Практична значимість отриманих результатів

Практична значимість створеного науково-методичного апарату полягає в його універсальності щодо оцінювання у просторово-частотно-часової області ефективності ведення РЧМ будь-якої національної СРЧМ з метою отримання результатів, необхідних для управління використанням РЧР і застосування на різних рівнях організаційної структури, починаючи з

досягнення загальних цілей системи і закінчуючи окремими операціями радіочастотного моніторингу.

Практична значимість розробленого програмно-алгоритмічного забезпечення (ПАЗ) складається із можливості проведення автоматизованих розрахунків інтегральних техніко-виробничих і часткових виробничих показників ефективності функціонування СРЧМ, РП РЧМ і їх стаціонарних і мобільних складових за заданий період часу і прогнозування показників ефективності функціонування РП РЧМ і СРЧМ в цілому на задані періоди. Аналіз розрахованих показників ефективності дозволяє виявити сильні і слабкі сторони функціонування кожної РП РЧМ і СРЧМ з контролю кожної групи радіотехнологій та вирішення кожного завдання РЧМ, недостатність або надмірність відповідних СРК в кожної РП РЧМ.

Практична цінність розробленого програмно-алгоритмічного забезпечення перевірена на практиці при оцінці техніко-виробничої та виробничої ефективності ведення радіочастотного моніторингу національною СРЧМ України загальних користувачів. На основі результатів розрахунку розроблено та обґрунтовано рекомендації щодо подальшого вдосконалення кожної окремої РП РЧМ і СРЧМ України в цілому, а також пропозиції щодо розробки і модернізації існуючих СРК.

Практичне значення і цінність одержаних результатів роботи підтверджена актами їхвпровадження і використання (Додаток А).

<u>Особистий внесок здобувача</u>

У роботах [1, 9, 16] автор запропонував для оцінювання ефективності систем і процесу ведення РЧМ застосувати спільно з системним підходом просторово-частотно-часовий підхід до охоплення контролем виділенного РЧР та на його основі оцінювати інтегральну техніко-виробничу ефективність функціонування РП РЧМ. А в роботах [1, 6, 11, 14] обґрунтував зміст просторово-частотно-часового методу і представив розроблену систему інтегральних техніко-виробничих показників і критеріїв оцінювання

ефективності вирішення основних завдань РЧМ за чотирма групами радіотехнологій на рівнях від СРК до СРЧМ в цілому.

У створеній в співавторстві методиці оцінювання інтегральної техніко-виробничої ефективності роботи СРЧМ [2, 3, 10] автор розробив систему часкових показників оцінювання ефективності радіочастотного моніторингу виділенного РЧР стаціонарною, мобільною складовими і РП РЧМ в цілому. Часткові показники визначають відповідно ступінь охоплення зонами електромагнітної доступності РП РЧМ території свого регіону, в межах якого розташовані та підлягають контролю РЕЗ, ступінь перекриття СРК смуг частот, виділених контрольованим РЕЗ на основі дозвільних документів, і час роботи СРК протягом доби.

У роботах [4, 12, 17, 20] автором обґрунтовується методичний підхід і показники оцінювання ефективності роботи і використання різнотипних засобів радіоконтролю (СРК) з комплексного вирішення основних виробничо-технічних завдань радіомоніторингу нормативного використання РЧР радіоелектронними засобами чотирьох груп радіотехнологій. Підхід базується на просторово-частотно-часовому методі, показниках продуктивності і виробничої потужності стаціонарних, мобільних і переносних СРК з урахуванням технологічного процесу ведення радіомоніторингу. Практична спрямованість запропонованого методичного підходу до оцінювання ефективності роботи і використання СРК полягає в підвищенні ефективності планування та ведення СРК процесу радіомоніторингу.

У роботах [5, 7, 13, 15, 19] представлені розроблені автором алгоритм і база даних для програмно-алгоритмічного забезпечення автоматизованого розрахунку і прогнозування інтегральних техніко-виробничих і приватних виробничих показників ефективності ведення радіочастотного моніторингу СРК, РП РЧМ і СРЧМ, а також результати оцінки їх ефективності за реальними даними в регіонах і в цілому в державі. Програмно-алгоритмічне забезпечення реалізовано у вигляді інформаційно-розрахункової системи (ІРС) «Ефективність».

Автор провів аналіз моделей розрахунку втрат і напруженості поля сигналу на трасі РРВ з урахуванням рельєфу і забудови місцевості [21], викладених в Рекомендаціях Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ), взяв участь в розробці алгоритму розрахунку зон ЕМД широкодіапазонних СРК [14, 18] і застосував дані результати до оцінки охоплення контролем РП РЧМ площі регіону у відповідних різним радіотехнологій діапазонах частот. В роботі [22] представлено розроблений за участю автора алгоритм побудови спектральних масок РЕЗ різних радіотехнологій для подальшої інтеграції в спеціалізовані СРК з метою підвищення ефективності їх функціонування, а в роботах [23, 24] представлені виставкові експонати інформаційно-розрахункових систем, розроблені за участю автора на основі зазначених вище публікацій. Автором отримано 2 дипломи: 1-е місце за кращу доповідь; 1-е місце за кращий виставковий експонат. Роботи [12, 14, 24] виконані автором самостійно. Всі чисельні розрахунки були виконані автором особисто.

Апробація результатів дисертації

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на міжнародних науково-технічних конференціях: «Радіоелектроніка та молодь у XXI ст.» (м.Харків, 2009-2015гг.), «Прикладна радіоелектроніка. Стан і перспективи розвитку» (м.Харків, 2011р, 2014 р та 2017 років), «Радіолокація навігація зв'язок» (м.Воронеж, Російська Федерація 2012р.), «Проблеми електромагнітної сумісності перспективних бездротових мереж зв'язку» (м.Харьков, 2015р.), X Anniversary international conference on antenna theory and techniques ICATT-2015 (Kharkiv, Ukraine, 2015р), «Новітні технології - для захисту повітряного простору» Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба (м.Харків 2010- 2018 рр.); міжнародному семінарі МСЕ «Радіомоніторинг і підвищення ефективності використання спектра» (м.Київ, Україна 2010р), а також на виставках технічної творчості молоді в рамках конференції «Радіоелектроніка та молодь у XXI ст.» (м.Харків, 2014-2015гг.).

Публікації

За результатами дисертаційної роботи: опубліковано 28 робіт, в тому числі 7 статей у науково-технічних журналах, 5 у фахових виданнях України, з яких 3 індексується в іноземних наукометричних базах (Index Copernicus, GoogleScholar), 2 статті опубліковані в зарубіжному виданні Індійської академії наук (Index Copernicus); 16 тез доповідей (1 Scopus) - в матеріалах національних і міжнародних науково-технічних конференцій; 2 експоната на виставках технічної творчості молоді; 3 свідоцтва авторського права та 1 патент на корисну модель.

Структура і обсяг дисертації

Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Дисертація містить 166 сторінок, 17 рисунків, 26 таблиць, список джерел з 115 найменувань на 13 сторінках, 2 додатки.

РОЗДІЛ 1
ОБГРУНТУВАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ І ПРОЦЕСУ ВЕДЕННЯ РАДІОМОНІТОРИНГУ

1.1 Роль і завдання радіомоніторингу в сфері використання радіочастотного ресурсу

Радіочастотний ресурс (РЧР) є стратегічним ресурсом держави, використання якого - невід'ємна частина ряду технологічних процесів, що забезпечують функціонування систем радіозв'язку, навігації та радіолокації, телевізійного і звукового мовлення, побутових приладів тощо. У той же час він є частиною надання різних телекомунікаційних послуг і забезпечення ефективного функціонування економіки і ряду технологій, які впливають на національну безпеку держави, обороноздатність країни, її інформаційну безпеку і технологічну незалежність. 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) [67];
- розподіл, що закріплюється в Плані використання радіочастотного ресурсу (ПІ РЧР) [68];
- 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 радіомоніторинг поділяютьна ведення в глобальному (міжнародному) і в національному масштабах.

За методами і періодичністю проведення розрізняють:

- постійний, регулярний радіомоніторинг;
- радіомоніторинг на замовлення (за запитом або за вимогою).

Основною метою проведення регулярного радіочастотного моніторингу випромінювань на національному рівні є запобігання несанкціонованого використання РЧР, виявлення і усунення радіоперешкод вмережах зв'язку, що забезпечують надання послуг багатьом користувачам (наприклад, в мережах стільникового радіозв'язку, широкосмугового 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 Довідника по радіоконтролю [61] та Регламенту радіозв'язку [62] 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, обробки, 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.

У загальному вигляді завдання служби радіомоніторингу визначені в [61] і [62]. Вирішення цих завдань поділяється на дві категорії за рівнями.

У першій категорії входять завдання, що виникають між службами радіомоніторингу різних держав або міжнародних організацій. До них відносяться:

- сприяння в реалізації заходів щодо виявлення та усунення дії радіозавад у глобальному і регіональному масштабах;

- забезпечення необхідних даних радіомоніторингу для програм, які організовуються Бюро радіозв'язку МСЕ при підготовці звітів для конференцій радіозв'язку при зверненні інших адміністрацій зв'язку з приводу усунення дії радіозавад або усунення позасмугових випромінювань;

- надання допомоги іншим адміністраціям зв'язку в координації та знаходженні відповідних радіочастот;

- сприяння в проведенні великих міжнародних заходів.

До другої категорії входять завдання, які вирішуються на національному рівні. До них відносяться:

- забезпечення необхідних даних радіомоніторингу для своєї адміністрації зв'язку та регуляторних органів для прийняття управлінських рішень в сфері частотного менеджменту;

- сприяння в реалізації заходів щодо виявлення та усунення дії радіозавад у місцевому масштабі;

- сприяння в реалізації заходів щодо забезпечення ЕМС РЕЗ та ВП, спільної роботи радіослужб;

- сприяння в забезпеченні необхідної якості прийому населенням програм телебачення і звукового мовлення і т.д.

Крім того, на службу радіомоніторингу часто покладається виконання

завдань, безпосередньо не випливають з положень, викладених в [62], зокрема:

- дослідження ЕМС;

- надання допомоги в окремих випадках (наприклад, при проведенні великих спортивних змагань, культурних заходів і т.д.);

- вимір зон радіопокриття;

- виконання технічних і наукових досліджень.

Наведений перелік завдань служби радіомоніторингу розпливчастий і не конкретизує сферу її діяльності, а окремі завдання не враховують національні особливості організації служби або взагалі до неї не належать.

Конкретніше завдання служби радіомоніторингу визначені в Рекомендаціях ITU-SM.1050-2 [63] і SM.1392-1 [64], згідно з положеннями яких весь комплекс завдань ділиться на три групи:

1. Перша група завдань спрямована на забезпечення виконання умов ліцензування та частотних присвоєнь.

2. Друга група завдань пов'язана з оцінкою використання РЧР та підготовкою даних про зайнятість спектра.

3. Третя група завдань пов'язана з підготовкою спеціальних звітів в інтересах МСЕ, участю в міжнародних моніторингових заходах тощо.

Зазначені групи завдань апріорі визначають рівні їх вирішення, а також висувають певні вимоги до структури СРЧМ і функцій її складових. Так, перша група визначає вимоги щодо:

- топології СРЧМ, виходячи з умови забезпечення максимального охоплення РЕЗ, які експлуатуються;

- переліку функціональних можливостей як СРЧМ в цілому, так і окремих її складових в частині виявлення, вимірювання та перевірки параметрів радіовипромінювань, які визначаються умовами ліцензування та частотоприсвоєнь;

- забезпечення взаємодії з системою планування використання РЧР (з обліковою базою даних частотних присвоєнь і ліцензіатів).

Друга група завдань встановлює необхідність проведення довгострокових спостережень, загального статистичної обробки та аналізу їх результатів, тобто визначає вимоги по автоматизації процесів радіомоніторингу і вимагає наявності центрів управління (так званих "центрів радіомоніторингу") для узагальнення цих результатів.

Третя група завдань визначає рівень технічної оснащеності підрозділів СРЧМ, виходячи з умови забезпечення відповідності їх обладнання вимогам, що пред'являються до міжнародних станцій радіоконтролю.

На підставі отриманих результатів при виконанні поставлених завдань служба радіомоніторингу правомочна робити висновки про відповідність реального стану електромагнітної обстановки прогнозованому, а також про наявність порушень в сфері використання РЧР. Ці результати є підставою для здійснення нагляду за виконанням встановлених правил в цій сфері і прийняття відповідних заходів щодо усунення причин виявлених порушень [65].

Відповідно до Закону України «Про радіочастотний ресурс України» [68] проведення радіочастотного моніторингу використання радіочастотного ресурсу України та здійснення заходів щодо виявлення та усунення дії джерел радіозавад у смугах радіочастот загального користування в Україні відноситься до сфери завдань Державного підприємства «Український державний центр радіочастот» (ДП «УДЦР»). Повноваження ДП «УДЦР» поширюються на користувачів радіочастотного ресурсу України в смугах радіочастот загального користування. Здійснення радіомоніторингу в смугах радіочастот спеціального користування покладено на Генеральний Штаб Збройних Сил України.

1.2 Аналіз способів побудови і умов функціонування систем радіочастотного моніторингу

1.2.1 Загальні вимоги та підходи до побудови

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 РЕЗ, 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. Етап підготовки до побудови національних СРЧМ передбачає проведення наступних заходів:

- обґрунтування доцільності розгортання СРЧМ;
- уточнення основних завдань СРЧМ;
- обґрунтування моделі структури СРЧМ;
- розробка основних підходів (концепції) до побудови СРЧМ;
- вибір технічної бази обладнання;
- розробка пропозицій по структурі системи.

Враховується також перелік конкретних завдань, покладених на СРЧМ, який визначає структуру системи. Наприклад, в разі спрямованості СРЧМ на вирішення завдань радіоконтролю РЕЗ основну увагу 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 радіопеленгаторами і портативними 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 СРК і віддалених стаціонарних СРК в невеликих містах регіону з найбільшим зосередженням РЕЗ.

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 окремих об'єктів, які не потрапляють в область моніторингу стаціонарних СРК.

Загальна організаційна структура СРЧМ визначена в [61]. Додатково покладаючись на рекомендації [64] СРЧМ повинна бути інтегрована в єдину автоматизовану систему управління використання спектру. Для забезпечення вирішення завдань радіомоніторингу на значних територіях структура СРЧМ повинна бути побудована за багаторівневим ієрархічним принципом. При цьому вона передбачає наявність у своєму складі:

- центрального (головного) пункту управління;
- регіональних підсистем радіочастотного моніторингу (РПРЧМ)
- стаціонарних і мобільних СРК;

- технічної служби радіомоніторингу.

Залежно від розміру території держави СРЧМ можуть містити від двох до чотирьох ієрархічних рівнів. Для прикладу на рис.1.1 приведена адаптована з урахуванням вимог нормативних документів [61-65] узагальнена трирівнева організаційна структура СРЧМ, по якій побудована СРЧМ України.

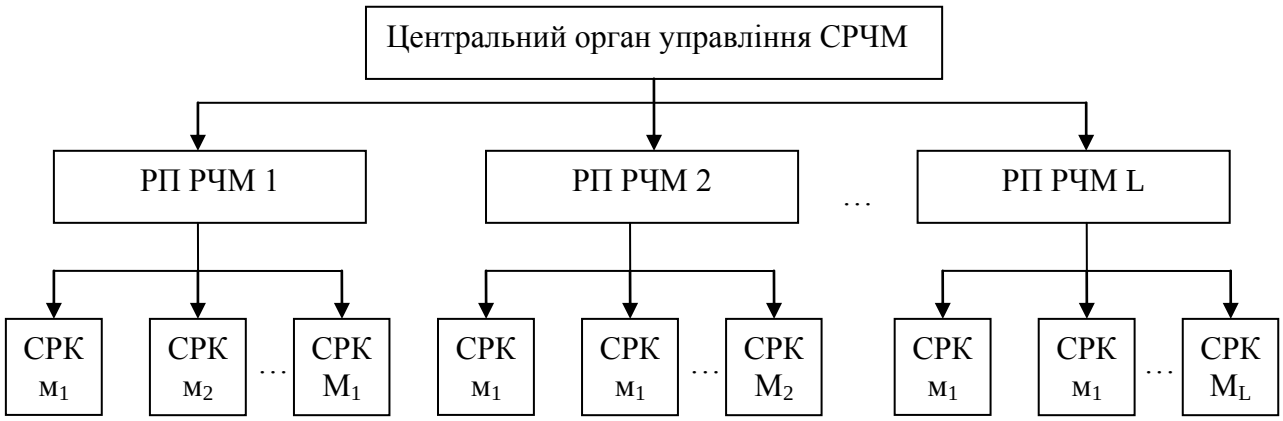


Рисунок 1.1 - Узагальнена організаційна структура системи радіочастотного моніторингу

Центральний пункт управління забезпечує управління роботою РП РЧМ і контроль їх діяльності, а також узагальнення результатів радіомоніторингу всіх РП РЧМ. Проведення радіомоніторингу є виключно прерогативою РП РЧМ. Завданням технічної служби радіомоніторингу є підтримка і забезпечення вирішення нестандартних завдань радіомоніторингу.

Управління роботою всієї СРЧМ на вищому рівні здійснює спеціалізована організація, яка визначає завдання системи радіомоніторингу і забезпечує ресурси СРЧМ. В Україні такою спеціалзованною організацією є Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації.

Інформаційну основу СРЧМ складають стаціонарні СРК, які вирішують завдання радіомоніторингу в межах певного регіону (зони радіодоступності). Їм можуть бути підпорядковані додаткові СРК, зокрема: стаціонарні станції,

які управляються дистанційно, а також мобільні СРК.

1.2.2 Умови функціонування системи радіочастотного моніторингу України

Згідно із загальним управління частотами і смуг радіочастот, який у всесвітньому масштабі визначається Міжнародної таблицею розподілу радіочастот [66], а в Україні - НТ РСЧ [67], діапазон радіочастот від 9 кГц до 40 ГГц в Україні розподілений між більш ніж 30 радіослужбами. Повний перелік радіотехнологій, що застосовуються в даний час в Україні, визначається ПВ РЧР та містить понад 50 найменувань [70] в складі яких функціонують близько 140 тис РЕЗ. Але не всі радіотехнології мають однакове поширення в Україні і підлягають РЧМ з боку держави. До найбільш поширених радіотехнологій можна віднести технології: КВ радіозв'язку; УКХ радіозв'язку; радіорелейного зв'язку; супутникового зв'язку; безпровідний радіодоступ; технології систем радіомовлення, які, в свою чергу, діляться на системи аналогового і цифрового звукового мовлення і системи аналогового і цифрового телевізійного мовлення.

Радіотехнології системи супутникового зв'язку включають в себе велике різноманіття окремих підсистем, зокрема, підсистеми радіонавігаційної, радіоаматорського, радіомовної служб, служби космічних досліджень Землі, служби космічної експлуатації, підсистеми супутникового зв'язку, фіксованого та рухомого супутникових служб і т.д. Найбільшою за кількістю систем і стандартів радіозв'язку є категорія систем бездротового доступу.

Зазначена кількість РЕЗ, навіть без урахування РЕЗ спеціального призначення, найбільш інтенсивно використовують діапазон частот від 30 МГц до 6 ГГц і створюють складну радіоелектронну обстановку в регіонах країни

Аналіз основних характеристик РЕЗ різних технологій свідчить про те, що для радіомоніторингу радіовипромінювань РЕЗ, які відносяться до однієї

радіослужби, але використовують різні види модуляції, методи доступу до середовища передачі даних і різні види сигналів, необхідні різні методи виявлення радіовипромінювань і вимірювання їх параметрів. Отже, для уніфікації процедур РЧМ доцільно розділити РЕЗ різних радіотехнологій на певні групи, для кожної з яких допустимо використання однакових методів обробки радіовипромінювань і засобів технічного контролю. З цієї точки зору в роботі [1] всі діючі в Україні радіотехнології було запропоновано розділити на чотири групи:

j = 1 - традиційні радіотехнології (аналогове телевізійне та звукове мовлення, цифровий та аналоговий транкінговий радіозв'язок, радіозв'язок передачі даних, ультракороткохвильовий радіозв'язок, аналоговий короткохвильовий радіозв'язок, пейджинговий радіозв'язок, радіозв'язок берегових і суднових станцій, радіотелеметрія і радіодистанційне управління, радіотелеметрія охоронних і пожежних систем, радіоподовжувачі абонентських телефонних ліній, всього I_1= 12), які контролюються стаціонарними СРК, а поза зоною ЕМД стаціонарних СРК – мобільними СРК.

j = 2 - радіотехнології стільникового зв'язку (типу GSM-900-1800, E-GSM, R-GSM, CDMA-450-800, IMT-2000 (UMTS), D-AMPS, R-GSM (режим "frequency hopping"), DECT, всього I_2 = 4), для радіомоніторингу яких використовуються спеціалізовані багатофункціональні мобільні СРК з визначенням радіоканалів базових станцій.

j = 3 - радіотехнології широкосмугового, мультимедійного і мультисервисного радіодоступу (I_3= 3), які контролюються спеціалізованими засобами ТРК, що транспортуються багатофункціональними мобільними СРК.

j = 4 - радіотехнології радіорелейного зв'язку, радіолокації і радіонавігації, супутникового радіозв'язку, телеметрії і телекерування супутникових мереж, багатоканального наземного телерадіомовлення, випромінювальні пристрої промислового, наукового, медичного та побутового призначення (I_4 = 5), які контролюються спеціалізованими вимірювальними лабораторіями або аналізаторами спектра і осцилографами

загального призначення, а супутникового радіозв'язку - спеціалізованими станціями супутникового моніторингу.

Ведення радіомоніторингу зазначених груп радіотехнологій реалізується різними методами з застосуванням різних видів устаткування. Так, РЧМ радіоелектронних засобів широкосмугового радіодоступу, стільникового зв'язку та більшості наземних цифрових радіотехнологій (зокрема передавачів мультимедійного і мультисервисного радіодоступу) повинні проводиться із застосуванням спеціалізованих засобів радіоконтролю. РЧМ випромінювань передавачів аналогового і цифрового звукового і телевізійного мовлення, ультракороткохвильового (УКХ) і короткохвильового (КВ) радіозв'язку, зв'язку передачі даних має здійснюється переважно стаціонарними засобами в зонах їх радіодоступності і мобільними (рухомими) засобами (станціями) загального призначення поза зонами радіодоступності стаціонарних засобів . Мобільні засоби повинні використовуються також для уточнення результатів радіоконтролю і пошуку джерел радіовипромінювань в їх межах зон радіодоступності стаціонарних СРК. Для здійснення моніторингу випромінювань радіорелейних станцій в надвисокочастотному (НВЧ) діапазоні необхідні спеціалізовані мобільні вимірювальні лабораторії, а для моніторингу супутникових транспондерів і геолокації земних станцій супутникового зв'язку - спеціалізовані станції супутникового (космічного) моніторингу.

1.2.3 Структура, завдання та технічне оснащення системи радіочастотного моніторингу України

СРЧМ України загальних користувачів активно розвивалася протягом останніх 20 років і на сьогоднішній день є однією з найбільших в Європі [78]. 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 Міжнародного союзу електрозв'язку до станцій радіоконтролю [63-65]. Деякі зразки мобільних СРК, спеціалізовані станції радіоконтролю типу ССТК і РМ-ШСД є унікальними. На вказаний період процесом радіомоніторингу були охоплені 107 населених пунктів із загальною кількістю населення 39 млн. чоловік і загальною кількістю близько 140 тис. РЕЗ [78,103] 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 [75], 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" [68].

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 [68], 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 філіях УДЦР [69]. Структура взаємодії органів радіочастотного моніторингу у смугах радіочастот загального користування в Україні зображена на рис. 1.2 [82].

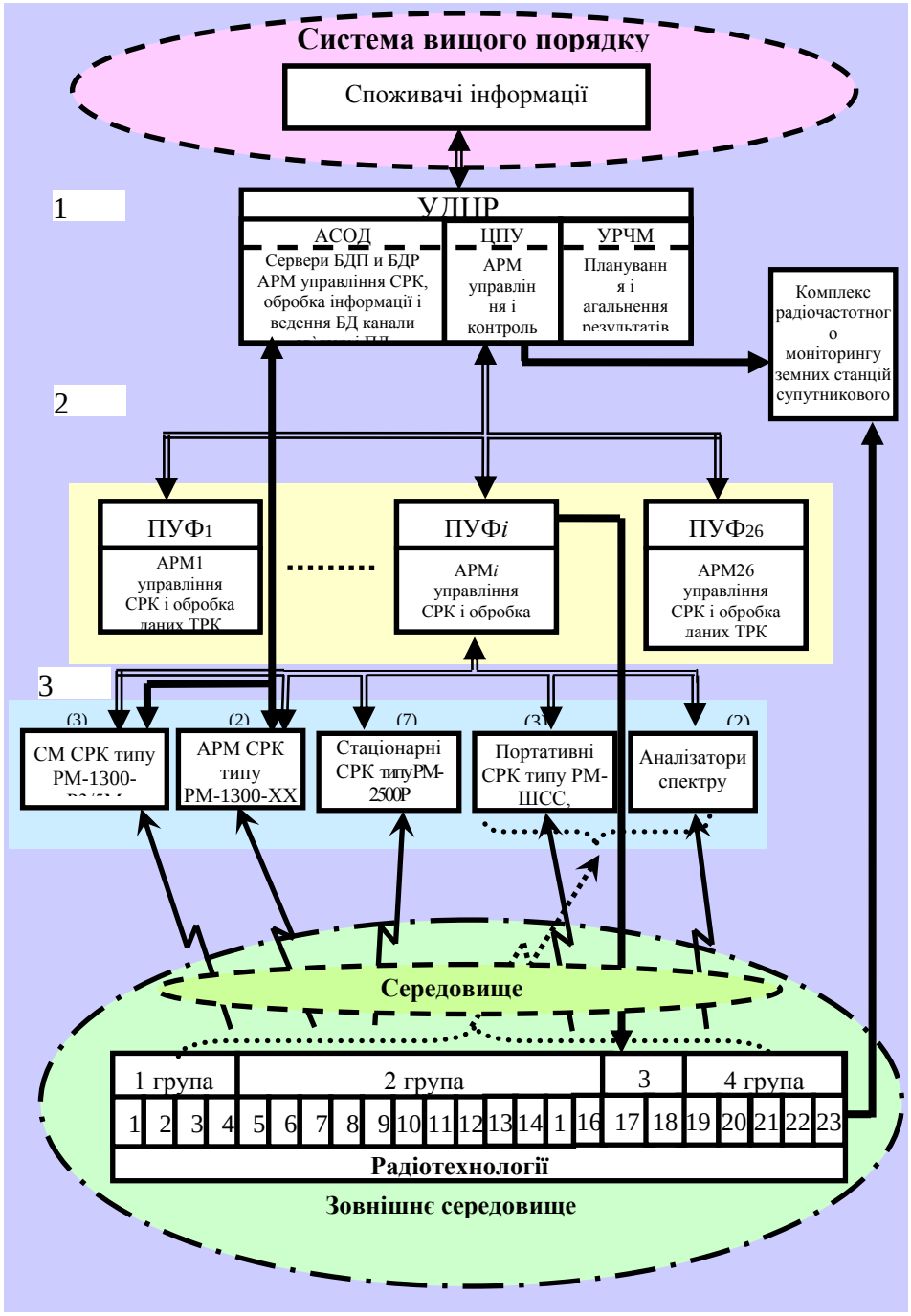


Рисунок 1.2 - Загальна структура АСРМ УДЦР

Система радіочастотного моніторингу УДЦР має ієрархічну структуру і включає в себе наступні елементи:

- пункт управління АСРМ в м.Києві;

- РП РЧМ в Києві;

- підрозділи радіоконтролю в 25 РП РЧМ УДЦР інших обласних центрів та м. Севастополь;

- управління радіочастотного моніторингу УДЦР.

Технічну основу СРЧМ УДЦР становить автоматизована система радіомоніторингу (АСРМ). [82]. 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 [71-74]. Отримана за результатами радіомоніторингу інформація регіонального рівня збирається, обробляється, аналізується і зберігається на центральному ПУ в базі даних (БД), яка містить останні зміни з урахуванням частотних присвоєнь і РЕЗ 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 РЕЗ, 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 радіовипромінюючих РЕЗ)

- 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 радіовипромінюваньРЕЗ і ідентифікація РЕЗ. 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 РЕЗ стаціонарними засобами в обласних центрах

розгорнуто мережу з декількох стаціонарних СРК оснащених багатофункціональними комплексами радіомоніторингу з функціями радіопеленгування. При цьому загальна обробка результатів пеленгування для розрахунок місцезнаходження РЕЗ виконується на пункті управління РП РЧМ. Багатофункціональні СРК типу РМ-2500р і АІК-С одночасно виконують також завдання щодо виявлення та технічного аналізу радіовипромінювань. 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 [28], найкращою була б така структура і склад СРЧМ, яка забезпечувала б охопленням кожного населеного пункту мінімум двома стаціонарними пеленгаторами, що є недозволеною «розкішшю» через великі фінансові витрати. У зв'язку з цим виникає необхідність в оцінюванні техніко-виробничо-економічної ефективності процесу ведення радіомоніторингу СРЧМ і подальшої оптимізації її структури.

1.3 Підходи, методи та науково-технічна задача оцінювання ефективності функціонування регіональних підсистем радіочастотного моніторингу

1.3.1 Аналіз підходів і методів оцінювання ефективності функціонування складних систем

Проблема оцінки ефективності функціонування складних систем дуже гостро постає в останні роки у всіх сферах діяльності людини. Це стосується економіки, соціальної сфери, техніки [28-41]. Значимість даної проблеми

пояснюється тим, що найчастіше ефективність функціонування складних систем пов'язана з ефективністю споживання дефіцитних (вичерпних або обмежених) ресурсів, ефективністю їх перетворення в результати виробництва - продукцію, що випускається того чи іншого виду: вона може бути як матеріальної, так і нематеріальної. Однак оцінити ефективність функціонування складної системи непросто. Найчастіше оцінка ефективності функціонування навіть системи невеликого масштабу викликає значні труднощі.

Безсумнівно, головним поняттям, навколо якого будується вся конструкція теорії ефективності, є поняття ефективності.

Ефективність - це найбільш загальне, що визначає властивість будь-якої цілеспрямованої діяльності, яка з пізнавальної (гносеологічної) точки зору розкривається через категорію мети і об'єктивно виражається ступенем досягнення мети з урахуванням витрат ресурсів і часу [89].

У техніці ефективність пов'язується з поняттям операції або процесом виконання функцій, під якими розуміється упорядкована сукупність взаємопов'язаних дій, спрямованих на досягнення певної мети [90]. Ефективність операції є ступінь відповідності реального (фактичного чи очікуваного) результату операції необхідному (бажаному) або, іншими словами, ступінь досягнення мети операції [89].

Якість складної системи проявляється в повній мірі тільки в процесі її функціонування, тобто використання за призначенням. Тому найбільш об'єктивна оцінка якості системи може бути отримана за ефективністю її цільового застосування [90].

В даний час в цілому ряді робіт обговорюється теорія ефективності [89, 90, 93]. При цьому в одних джерелах вказується, що ця теорія ще не оформилася в самостійну науку [93]. В інших же виражається точка зору, що дана теорія цілком сформувалася: «об'єктом вивчення теорії ефективності є цілеспрямовані дії - операції, а предметом - закономірності, що зв'язують ефективність операції з якістю системи, умовами і способами її використання

в операції» [89]. Теорію ефективності називають також «інструментом дослідження операцій» [90]. На Заході розвивається аналогічне напрямок - Efficiency and Productivity Analysis (аналіз ефективності і продуктивності) [92, 94].

Ефективність, як і будь-яка властивість системи, володіє певною інтенсивністю своєї прояви. Міру інтенсивності прояви ефективності називають показником ефективності W [89]. Є і більш розгорнуте визначення [93]: «показник ефективності великої системи - це кількісна характеристика кінцевого результату її функціонування і розвитку протягом обумовленого періоду в порівнянні з цільовим нормативом і витратою ресурсів при заданих характеристиках стану системи і впливу зовнішнього середовища, а також при заданому векторі управління». Такий показник ефективності пропонується називати узагальненим показником ефективності великої системи. У найбільш загальній формі узагальнений показник ефективності великої системи пропонується будувати як певну функцію або функціонал [93].

Для прийняття рішення про досягнення необхідної мети необхідно визначити критерій ефективності, тобто правило, що дозволяє зіставляти стратегії, які характеризуються різним ступенем досягнення мети, і здійснювати спрямований вибір стратегій з безлічі допустимих [91]. Критерій ефективності вводиться на основі певної концепції раціональної поведінки (вироблення рішень): придатності, оптимізації іадаптації [91], які наведені нижче.

1. Концепція придатності. Раціональною визнається будь-яка стратегія, для якої значення показника ефективності не нижче деякого необхідного рівня.

2. Концепція оптимізації. Раціональними вважаються ті стратегії, які дають максимальний ефект.

3. Концепція адаптації. При цій концепції стратегія може змінюватися в процесі функціонування системи. При цьому в поняття стратегії включаються також параметри системи і її структура. Зміни проводяться на основі не тільки

апріорної інформації, але також поточної та прогнозної інформації. Безліч допустимих стратегій і мета системи також можуть змінюватися. В рамках такої концепції раціональної вважається така адаптивна стратегія з безлічі.

Найважливішим правилом при виборі критерію ефективності є узгодженість мети операції з обраним критерієм [91].

З наведених пояснень видно, що поняття «ефективність» і «мета» тісно пов'язані. Кількісне вивчення складних систем проводиться із залученням поняття мети. Використовується навіть термін цілеспрямована система, вперше введений в роботі [95]. Системи діляться на прості і складні в залежності від відсутності або присутності в їх поведінці правила прийняття рішення. Прості системи успішно вивчаються фізикою без використання поняття мети [96].

У додатку до технічних систем дослідження ефективності операції являє собою триєдине завдання:

- завдання оцінювання (вимірювання) ефективності операції;
- завдання аналізу ефективності операції;
- завдання оптимального синтезу ефективної операції.

Перші два завдання часто об'єднуються під загальною назвою прямої задачі, а третя називається зворотним завданням [90]. В [90] запропоновано таку послідовність вирішення цих завдань.

Етапи розв'язання прямої задачі (завдання аналізу ефективності операцій) складають.

1. Виявлення та формулювання цілей операції.
2. Обгрунтування показників ефективності операції.
3. Обгрунтування критерію оцінювання ефективності операції.
4. Розробка математичної моделі операції.
5. Обчислення показників ефективності операції.
6. Оцінювання ефективності операції.
7. Дослідження впливу експлуатаційно-технічних характеристик цілеспрямованої технічної системи на ефективність операції.

8. Аналіз чутливості показників ефективності до експлуатаційно-технічними характеристиками цілеспрямованої технічної системи і відбір значущих чинників.

Етапи розв'язання оберненої задачі (завдання синтезу ефективної операції), як інженерно-технічної, так і організаційної, включають:

1. Виявлення та формулювання цілей операції. Відбір значущих керованих факторів.

2. Обгрунтування показників ефективності операції і критерію її оцінювання.

3. Побудова математичної моделі операції.

4. Випробування моделі операції та визначення її оптимальних характеристик.

5. Обґрунтування вимог до структури цілеспрямованої технічної системи (структурний синтез).

6. Обґрунтування вимог до експлуатаційно-технічними характеристиками цілеспрямованої технічної системи (параметричний синтез).

7. Обгрунтування вимог до організації процесу функціонування системи (алгоритмічний синтез).

Наведений порядок дослідження ефективності може бути застосований до складних технічних систем таким як РП РЧМ і СРЧМ в цілому.

Підходи до дослідження ефективності в різних сферах відрізняються великою різноманітністю. Як приклад можна привести методи оцінки ефективності інвестиційних проектів [97, 98]. Питання вимірювання технологічної ефективності проектів і програм розглядаються в роботі [99].

Підхід до оцінки ефективності системи замовлень продукції військового призначення запропонований в роботі [100]. У цьому підході використовуються не тільки детерміновані показники, але також і ймовірністні.

Однак існують і інщі підходи [89-94, 101-111], що застосовуються для

оцінки ефективності вельми широких класів складних об'єктів. Ці підходи розглядалися автором при проведенні аналізу літератури, але не будуть використовуватись в роботі у зв'язку з обмеженістю обсягу документа.

1.3.2 Обгрунтування підходу, методу і завдання досліджень з оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу регіональними підсистемами

На даний час СРЧМ представляють собою складні розподілені системи, що включають в свій склад велику кількість різноманітних технічних засобів збору, аналізу, обробки, передачі та відображення інформації, рознесених по різних РП РЧМ. Для підвищення ефективності управління використанням РЧР в економічно розвинених країнах у зв'язку з ростом числа РЕЗ проводяться організаційні (зміна структури системи і зв'язків між її елементами) і технічні (установка нового і заміна існуючого обладнання) заходи щодо подальшого розвитку РП РЧМ і національних СРЧМ в цілому [28]. Ці заходи, як правило, пов'язані з істотними матеріальними і часовими витратами. Тому виникає необхідність обґрунтування їх доцільності та вибору тих з них, які забезпечать найкращий корисний ефект при заданих ресурсних обмеженнях. В якості критерію ефективності заходів щодо вдосконалення СРЧМ доцільно вибрати зіставлення їх реальних можливостей з необхідним або потенційним значенням.

При реалізації заходів щодо вдосконалення розподіленої багаторівневої СРЧМ слід враховувати, що ведення радіомоніторингу такою системою є складним процесом, заснованим на принципах структурної та функціональної цілісності, відносної автономності елементів і функцій, а також принципу активності систем. Кожна СРЧМ в процесі ведення радіомоніторингу виступає як цілісне утворення, в якому між її структурою і функціями існує взаємозв'язок і взаємозумовленість. Тому оцінювання ефективності функціонування будь-якої національної СРЧМ представляє складне,

багатокритеріальне завдання, що вимагає обліку багатьох чинників. Основними з цих факторів є: необхідні обсяг і якість радіомоніторингу; фінансові та часові витрати; географічні особливості регіону; характеристики і щільність розподілу РЕЗ по території регіону; можливості існуючої апаратури радіомоніторингу та ін.

Викладені в розділі 1.3.1 підходи до оцінювання ефективності складних систем можуть застосовуватися для оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ. Але аналіз розглянутих підходів в прямому застосуванні до оцінювання ефективності виконання завдань і техніко-виробничих операцій в РП РЧМ показав їх недостатність.

Докладне вивчення відкритих джерел інформації [28-41, 47-61, 91-112] показало, що на сьогоднішній день існує дуже незначна кількість вузькоспеціалізованих методів оцінювання ефективності функціонування національних СРЧМ і їх РП РЧМ. У більшій частині всі пропоновані підходи і методи зводяться або до економічного, або до виробничого обґрунтування ефективності. [29-43, 48, 49, 52-54, 58-60, 84, 87-91, 97-99, 109]. Комплексна техніко-виробнича сторона питання оцінювання ефективності СРЧМ і їх РП РЧМ в доступній літературі не розглядалася, але згадується в ряді джерел [28, 55, 56, 62, 68, 71, 73, 78, 81-86, 91-94, 101, 112, 119].

Це пов'язано з величезним переліком різнопланових технічних, виконавчих і організаційних процедур покладених на СРЧМ і її структурні підрозділи (РП РЧМ), які вирішують завдання збору, обробки, аналізу та зберігання даних про параметри сигналів і характеристиках випромінювань РЕЗ з метою узагальнення і оцінювання реального стану використання РЧР. Ефективність функціонування РП РЧМ безпосередньо впливає на управлінські рішення в сфері регулювання РЧР та залежить від організаційних, технічних, економічних, виробничих та інших факторів.

Отже, методологія оцінки ефективності функціонування національних СРЧМ повинна будуватися на основі сукупності принципів, методів, моделей і методик, що дозволяють трансформувати цілі держави в сфері використання

РЧР в кількісно-якісні характеристики і параметри системи. Методологічну основу оцінки ефективності функціонування національних СРЧМ повинен становити системний підхід, відповідно до якого будь-яка складна система повинна розглядатися як самостійний об'єкту дослідження з властивими йому особливостями функціонування і розвитку.

Системний підхід до оцінки ефективності функціонування національної СРЧМ передбачає [3, 4]:

- визначення головної мети функціонування системи;
- здійснення декомпозиції (побудова «дерева») цілей і операцій до рівня елементарних, які потребують для їх виконання конкретних СРК;
- обгрунтування кількісних показників ефективності;
- вибір критеріїв ефективності;
- визначення оптимальних потреб у силах і засобах, які були б в змозі виконати всі завдання з ефективністю, не нижче необхідної.

Мета функціонування системи визначає способи і форми дій, їх характер і системну упорядкованість, а також засоби досягнення і виступає як певний механізм інтеграції різних дій в систему «мета - засіб - результат».

Під показником ефективності функціонування СРЧМ в цілому будемо розуміти таку числову характеристику, яка оцінює ступінь пристосованості системи до виконання основної мети. При виборі показників ефективності функціонування системи РЧМ слід враховувати два підходи.

В рамках підходу, орієнтованого на управління процесами регулювання РЧР, показники ефективності повинні характеризувати ефективність функціонування системи РЧМ з метою отримання даних, необхідних для управління використанням РЧР.

В рамках підходу, орієнтованого на вдосконалення самої СРЧМ, показники ефективності повинні давати кількісну оцінку того, наскільки збільшується ефективність виконання окремих операцій (процесів) РЧМ після реалізації пропонованих в системі змін.

Рішення складних технічних завдань радіомоніторингу і вибір

обгрунтованих рішень з урахуванням регіональних особливостей та комплексності ефектів за різними напрямками діяльності РП РЧМ доцільно оцінювати на основі застосування просторово-частотно-часового методу охоплення радіомоніторингом радіовипромінювань РЕЗ [1-6]. Суть методу полягає у формуванні системи безперервного спостереження за процесами, що відбуваються в просторово-частотно-часової області існування випромінювань РЕЗ, аналізу і прогнозу можливих варіантів розвитку ситуації, виявлення резервів виробництва і прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

В силу тих же обставин в якості критеріїв ефективності доцільно використовувати критерії перевищення необхідних значень показників ефективності, які визначаються, виходячи з фінансово-економічних, технічних і організаційних можливостей.

Для прийняття управлінських рішень щодо підвищення ефективності діяльності РП РЧМ необхідна розробка методичного забезпечення і аналітико-прогнозного інструментарію, що складаються в застосуванні науково обґрунтованого апарату інтегральної оцінки та діагностики досягнутих результатів, виявлення наявних резервів виробництва з урахуванням регіональної та функціональної специфіки, їх реалізації за допомогою нормування та прогнозування показників ефективності та конкретизації управлінських рішень.

Питання оцінювання ефективності функціонування СРЧМ характеризуються специфічними функціями і великою кількістю РП РЧМ, залишаються малодослідженими з точки зору теоретичної розробки і практичного застосування аналітико-прогнозного інструментарію моніторингу ефективності діяльності РП РЧМ. Особливо актуальними ці питання стали в умовах постійно зростаючого попиту на використання РЧР для виробництва послуг зв'язку та необхідності забезпечення належної його експлуатації з урахуванням державних і комерційних інтересів.

Необхідність вдосконалення принципів і методів управління СРЧМ і РП

РЧМ в умовах динамічно мінливого зовнішнього середовища і відсутність науково-обгрунтованих рекомендацій з управління такими системами і зумовили актуальність науково-технічної задачі дисертаційного дослідження:

Розробки науково-методичного апарату (методу, методики, процедур і алгоритмів) оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ і СРК, що базується на запропонованому в співавторстві системно-методологічному підході і дозволяє, **на відміну від відомих**, провести не тільки виробничу, а й інтегральну техніко-виробничу оцінку ефективності їхньої роботи щодо вирішення основних завдань радіомоніторингу в просторово-частотно-часової області існування випромінювань радіоелектронних засобів (РЕЗ).

1.4 Висновки по розділу 1

1. Визначено, що основною метою проведення регулярного радіомоніторингу випромінювань на національному рівні є запобігання несанкціонованого використання радіочастотного ресурсу, виявлення і усунення радіоперешкод в мережах зв'язку, що забезпечують надання послуг багатьом користувачам.

2. Проведений аналіз [28, 61-86] дозволив визначити більш конкретні групи завдань служби РЧМ, спрямовані на забезпечення перевірки умов ліцензування та частотних присвоєнь, оцінку реального стану використання РЧР та підготовку даних щодо зайнятості спектра, підготовку спеціальних звітів в інтересах МСЕ і участь в міжнародних моніторингових заходах.

3. Проведений аналіз загальних вимог і підходів до способів побудови показав, що всі національні СРЧМ мають 2-4 рівневу ієрархічну організаційну структуру і в залежності від території держави будуються за зональним, об'єктовим та зонально-об'єктовим принципами.

4. У складі задіянихв Україні більше 50 радіотехнологій функціонує близько 140 тис. РЕЗ, що вимагають різних методів виявлення сигналів і вимірювання їх параметрів. Визнано за доцільне використовувати для

подальших досліджень запропоновану спеціалістами ДП «УДЦР» класифікацію всіх радіотехнологій на чотири групи (традиційні, стільникового радіозв'язку, широкосмугового радіодоступу ірадіорелейного зв'язку, радіолокації та радіонавігації), для кожної з яких припустимо використання однакових методів обробки радіовипромінювань і засобів технічного контролю.

5. Проведений аналіз принципів побудови, організаційної структури, функцій, розв'язуваних задач і технічного оснащення створеної в Україні територіально розподіленої СРЧМ в смугах загального користування дозволив визначити її у вигляді моделі трирівневої ієрархічної структури і зонально-об'єктового способу охоплення радіовипромінювань РЕЗ. Для визначення якісно-кількісних можливостей такої СРЧМ, її РП РЧМ, напрямків і шляхів їх вдосконалення обґрунтовано необхідність розробки науково-методичного та програмно-алгоритмічного апаратів оцінювання техніко-виробничої ефективності процесу ведення радіомоніторингу використання РЧР цими системами.

6. Обґрунтовано, що методологія оцінки ефективності функціонування національних (ої) СРЧМ повинна будуватися на основі сукупності принципів, методів, моделей і методик, що дозволяють трансформувати цілі держави в сфері використання РЧР в кількісно-якісні характеристики і параметри системи. Запропоновано для розробки науково-методичного апарату використовувати системно-методологічний підхід, заснований на комплексному використанні системного підходу до аналізу структурно складних ієрархічних систем і просторово-частотно-часового підходу до оцінювання ефективності радіомоніторингу реального використання РЕЗ виділеного РЧР. Данийі підхід в комплексі є новим по відношенню до відомих і універсальним по відношенню до національних СРЧМ інших країн.

7. Сформульовано науково-технічна задача дисертаційного дослідження: розробка науково-методичного апарату (методу, методики, процедур і алгоритму) оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ і

СРК, що базується на запропонованому в співавторстві системно-методологічному підході **і дозволяє, на відміну від відомих**, провести її не тільки виробничу, а й інтегральну техніко-виробничу оцінку ефективності їхньої роботи щодо вирішення основних завдань радіомоніторингу в просторово-частотно-часової області існування випромінювань радіоелектронних засобів (РЕЗ).

РОЗДІЛ 2
РОЗРОБКА ПРОСТОРОВО-ЧАСТОТНО-ЧАСОВОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕДЕННЯ РАДІОМОНІТОРИНГУ РЕГІОНАЛЬНИМИ ПІДСИСТЕМАМИ

2.1 Обгрунтування методологічного підходу до оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу регіональними підсистемами і засобами радіоконтролю

Відповідно до рекомендацій системного аналізу процес прийняття рішень необхідно починати з виявлення і чіткого формулювання кінцевої мети.

Мета функціонування системи визначає способи і форми дій, їх характер і системну упорядкованість, а також засоби досягнення і виступає як певний механізм інтеграції різних дій в систему «мета - засіб - результат». Мета функціонування СРЧМ тісно пов'язана з поняттями «радіочастотний моніторинг» і «система радіочастотного моніторингу», в зв'язку з чим виникла необхідність в уточненні даних понять.

За нашим визначенням [1] **радіочастотний моніторинг** - це комплекс узгоджених за задумом, завданням, місцемі часом організаційних і технічних заходів щодо збору, обробки, аналізу, узагальнення, зберігання та відображення даних про параметри сигналів і характеристики контрольованих РЕЗ для оцінки стану використання РЧР та підтримки прийняття управлінських рішень в сфері його регулювання.

Дане визначення узагальнює відомі визначення поняття «радіочастотний моніторинг» з урахуванням його цільової та операційної спрямованості [78].

Під **системою радіочастотного моніторингу** будемо розуміти сукупність розподілених на місцевості стаціонарних та мобільних СРК,

каналів зв'язку і пунктів управління, засобів збору, обробки, аналізу, узагальнення та зберігання даних про завантаженість смуг частот, параметрах сигналів і характеристиках випромінювань РЕЗ, розміщених в контрольованому районі.

З цих визначень і аналізу сутності завдань, покладених на СРЧМ [2, 3, 68-76, 113-115], слідує, що головною метою її функціонування ($A_{СРЧМ}$) є оцінка стану використання РЧР для підтримки прийняття управлінських рішень в сфері його регулювання (планування, виділення, присвоєння, ЕМС, міжнародної координації).

Радіочастотний ресурс, який використовується РЕЗ різного призначення, характеризується не тільки смугою виділених частот, але і областю простору і інтервалом часу, в межах яких існують їх радіовипромінювання. Виходячи з цього, для оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу СРЧМ за аналогією з заходом використання спектра, введеної в [12], доцільно ввести поняття міри ступеню охоплення виділеного РЧР системою радіомоніторингу у вигляді контрольованого просторово-частотно-часового простору

$$V^k = S^k \cdot F^k \cdot T^k \ , \qquad (2.1)$$

де S^k - контрольований простір, F^k - контрольований частотний діапазон, T^k - час контролю.

Міра (2.1) визначає суть **методологічного просторово-частотно-часового підходу** до оцінки ефективності функціонування СРЧМ і встановлює діалектичний зв'язок між виділеним для використання РЧР та ступенем його охоплення радіомоніторингом. У відповідності з цим підходом функція цілепокладання, що характеризує здатність СРЧМ вирішувати задачі і досягати відповідної мети її функціонування, є функцією виділеного і контрольованого просторово-частотно-часового просторів:

$$\Phi(A_{СРЧМ}) = f(S, \quad S^k, \quad F, \quad F^k, \quad T, \quad T^k). \tag{2.2}$$

При фіксованих значеннях виділеного S, F, T ця функція може бути представлена у вигляді:

$$\Phi(A_{СРЧМ}) = f(S^k, F^k, T^k) \ . \tag{2.3}$$

Цілепокладання є найважливішою складовою частиною системного підходу. В об'єктивному сенсі під ціллю (метою) розуміється той стан, до якого прагне система, заради чого вона існує.

Ціллю системи є ієрархія простих позицій (підцілей). Тому декомпозиція головної цілі функціонування будь-якої національної СРЧМ на підцілі повинна базуватися на аналізі її структурно-ієрархічної побудови та основних задач, що вирішуються на відповідних рівнях ієрархії. Розглянуті в р. 1.2.1 загальні підходи і вимоги до побудови СРЧМ визначили, що для забезпечення вирішення задач радіочастотного моніторингу в країнах з територією в сотні тисяч квадратних кілометрів національні СРЧМ будуються за трирівневим ієрархічним принципом (рис.1.1).

Кожна з регіональних підсистем вносить свій внесок в досягнення головної цілі функціонування всієї СРЧМ. Відповідно ціллю функціонування РП РЧМ ($A_{РПРЧМ}$) є збір, обробка, аналіз, узагальнення та збереження даних про параметри сигналів і характеристики випромінювань РЕЗ для оцінки і забезпечення ефективного використання РЧР в межах регіонального просторово-частотно-часового простору. Одночасно кожна СРК вносить свій внесок в оцінку використання РЧР в певній просторово-частотно-часовій області (зоні дії).

В межах заданого просторово-частотно-часового простору система, підсистеми та засоби вирішують цілком певні задачі, які можна розбити на дві групи [71, 112]. Перша група задач вирішується на всіх рівнях ієрархії

національної СРЧМ. До них відносяться задачі збору, обробки, аналізу, узагальнення та зберігання інформації, необхідної для оцінки використання виділеного РЧР. Друга група задач вирішується на верхніх рівнях системи і включає підготовку даних, пропозицій і рекомендацій для прийняття рішень в сфері регулювання РЧР.

Перша група задач є вихідною по відношенню до другої групи і визначає підцілі функціонування СРЧМ на всіх ієрархічних рівнях. Аналіз цих задач дозволяє визначити основні підцілі функціонування національних СРЧМ на всіх рівнях їх ієрархії [78]. Смисловий зміст декомпозованих підцілей функціонування СРЧМ України, визначений на основі аналізу нормативних документів, що регламентують діяльність державних органів у сфері радіочастотного моніторингу, наведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Підцілі функціонування СРЧМ

Підцілі для рівня			Найменування підцілі
СРЧМ	РП РЧМ	СРК	
$A_{СРЧМ\ 1}$	$A_{РПРЧМ\ 1}$	$A_{СРК\ 1}$	Контроль відповідності параметрів випромінювань зареєстрованих РЕЗ нормативним документам
$A_{СРЧМ\ 2}$	$A_{РПРЧМ\ 2}$	$A_{СРК\ 2}$	Контроль зайнятості смуг радіочастот
$A_{СРЧМ\ 3}$	$A_{РПРЧМ\ 3}$	$A_{СРК\ 3}$	Виявлення незаконно діючих передавачів
$A_{СРЧМ\ 4}$	$A_{РПРЧМ\ 4}$	$A_{СРК\ 4}$	Виявлення джерел радіозавад роботі РЕЗ

Для досягнення наведених підцілей функціонування РП РЧМ і СРЧМ в цілому, СРК на своєму рівні ієрархії реалізують повністю або частково виконання елементарних операцій [71-78], якіпредставлені в табл. 2.2.

Для досягнення поставленої цілі необхідна цілеспрямована діяльність СРЧМ, яка реалізується в процесі виконання операції. Під операцією в системному підході розуміється [98, 116, 117] сукупність цілеспрямованих дій, об'єднаних загальним задумом і єдиною метою, що і включено в запропоноване вище визначення радіочастотного моніторингу. Операцією в даному випадку є процес ведення радіомоніторингу СРЧМ.

Таблиця 2.2 -Операції, що виконуються СРЧМ

№ з.п.	Найменування операції	Умовне позначення
1.	Пошук і виявлення випромінювань РЕЗ за частотою і напрямком	Ao_1
2.	Інструментальне оцінювання параметрів випромінювань РЕЗ	Ao_2
3.	Ідентифікація радіовипромінювань РЕЗ	Ao_3
4.	Ідентифікація РЕЗ	Ao_4
5.	Спостереження за радіовипромінюванням	Ao_5
6.	Пеленгування РЕЗ	Ao_6
7.	Визначення місцезнаходження РЕЗ	Ao_7

Операція формується в рамках, які в якості основних компонентів містять орган управління операцією, підсистеми, активні засоби і об'єкти контролю (рис. 2.1).

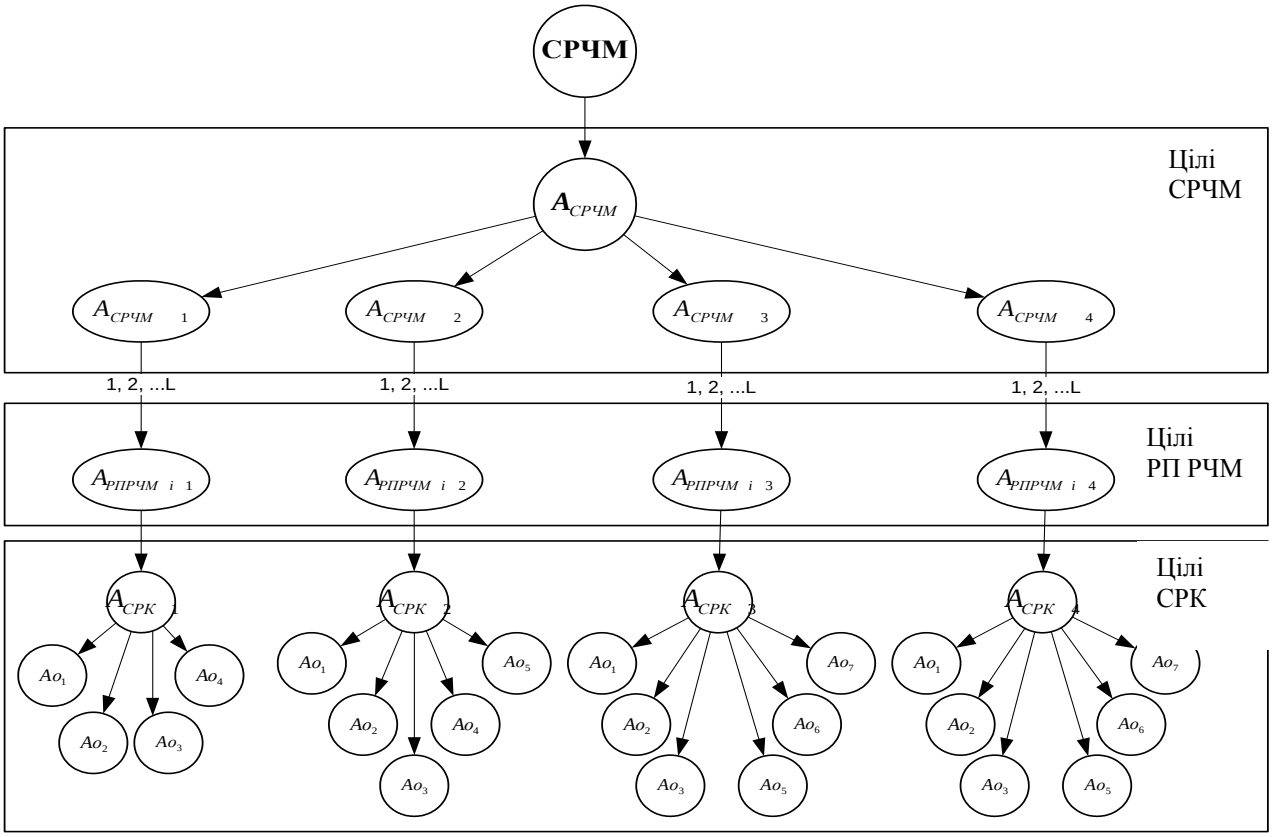


Рисунок 2.1 - Співвідношення між головною ціллю функціонування і декомпозованими підцілями на різних рівнях ієрархії СРЧМ

По відношенню до СРЧМ ціль операції $A_{СРЧМ}$ виступає основним

системоутворюючим фактором, як спосіб інтеграції різних дій в єдину послідовність (принцип цілеобумовленості). Крім того, вона дозволяє встановити єдину метрику показників результату операції на рівнях органу управління операцією, підсистем, активних засобів і об'єктів контролю.

Ефективне проведення операції СРЧМ забезпечується сукупністю її загальносистемних, структурних і функціональних властивостей.

До загальносистемних властивостей СРЧМ належать цілісність, стійкість, спостережуваність, керованість, детермінованість, відкритість, динамічність та інші. До структурних властивостей включають склад, взаємозамінність, організацію, складність, масштабність, просторовий розмах, централізованість, обсяг та інші.

Зупинимося докладніше на розгляді менш вивчених функціональних властивостей, які характеризують процес ведення радіомоніторингу. До функціональних (поведінкових) властивостей відносяться результативність, ресурсомісткість, оперативність, продуктивність, економічність, активність, потужність, швидкодія, точність та ін. Властивості, що характеризують процес ведення радіомоніторингу СРЧМ для досягнення головної цілі операції, називаються операційними властивостями або властивостями операції [116, 117].

2.2 Розробка показників та критеріїв оцінювання ефективності функціонування регіональних підсистем

2.2.1 Обгрунтування інтегральних техніко-виробничих показників і критеріїв ефективності

Якість результату операції і алгоритм, що забезпечує його отримання (стратегія), оцінюються функціональними показниками якості операції, основними з яких, на наш погляд, є:

- **результативність*Q***, яка визначає отриманий цільовий ефект

(результат) для досягнення якого функціонує система;

- **ресурсомісткість** ***C***, що характеризує витрати (ресурси) всіх видів, що використовуються для отримання цільового ефекту;

- **оперативність** T_0, яка визначає витрату часу реквізит для досягнення мети операції.

У сукупності результативність, ресурсомісткість і оперативність породжують комплексну властивість - ефективність $R_{еф}$ процесу ведення радіомоніторингу СРЧМ - ступінь його пристосованості до досягнення цілі, а саме: оцінки стану використання РЧР. Комплексна властивість проявляється при веденні радіомоніторингу СРЧМ і залежить як від властивостей операції, так і від властивостей зовнішнього середовища.

Для кількісної оцінки результату операції стосовно СРЧМ введемо узагальнений показник результату операції у вигляді вектора $R_{еф} = \|R_Q, R_G, R_{To}\|$, компоненти якого суть показники окремих результатів, що відображають результативність, ресурсомісткість і оперативність операції. Уявімо узагальнений показник результату операції у вигляді степеневої функції

$$R_{эф} = \zeta_0 \cdot Q^{\zeta_1} \cdot C^{\zeta_2} \cdot T_o^{\zeta_3} \ , \qquad (2.4)$$

де $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ - показники ступеня.

Параметри функції показника результату $\zeta_0, \zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ можуть набувати значень 0, ± 1. У табл. 2.3 наведені практичні варіанти використання узагальненого показника результату операції.

Таким чином, узагальнений показник результату операції в вигляді (2.4) дозволяє отримати для різних значень $\zeta_0, \zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ як основні показники, так і найважливіші похідні показники по продуктивності і ефективності-вартості.

Відповідальним моментом дослідження ефективності операції є вибір показників і критеріїв ефективності.

Таблиця 2.3 -Показники ефективності СРЧМ

№ з. п.	Параметри функції операції	Вид показника	Найменування показника
1.	$\zeta_0 = \zeta_1 = 1;\ \zeta_2 = \zeta_3 = 0$	$R_Q = Q$	Корисний ефект
2.	$\zeta_0 = \zeta_2 = 1;\ \zeta_1 = \zeta_3 = 0$	$R_C = C$	Вартість операції
3.	$\zeta_0 = \zeta_3 = 1;\ \zeta_1 = \zeta_2 = 0$	$R_T = T_o$	Час на операцію
4.	$\zeta_0 = \zeta_1 = 1;$ $\zeta_2 = 0;\ \zeta_3 = -1$	$R_П = \frac{Q}{T_o}$	Продуктивність в операції
5.	$\zeta_0 = \zeta_1 = 1;\ \zeta_2 = -1;\ \zeta_3 = 0$	$R_E = \frac{Q}{C}$	Ефективність-вартість операції

Показник ефективності операції $W[\Phi(A_{СРЧМ})]$ є міра ступеня відповідності реального результату операції необхідному або потенційному значенням.

Критерій ефективності - це правило, що дозволяє зіставити стратегії (алгоритми отримання результату), що характеризуються різним ступенем досягнення цілі, і здійснювати спрямований вибір стратегій з множини допустимих.

Відповідно до введеного узагальненого показника результату операції (2.4) і його частковими значеннями (таблиця 2.3) для оцінювання ефективності функціонування СРЧМ можуть використовуватися різні групи показників, що характеризують ефективність технічної, економічної, оперативної, техніко-економічної та техніко-виробничої діяльності по досягненню головної цілі. При цьому необхідно сформулювати відповідні критерії, що визначають надійність вирішення покладених завдань, та економічний ефект від їх виконання.

Найбільш важливою і універсальною з точки зору запропонованого просторово-частотно-часового підходу є група техніко-виробничих показників і критеріїв ефективності, що дозволяє оцінити корисний результат функціонування національної СРЧМ.

Для практичного оцінювання цієї групи показників і критеріїв використовуємо **імовірнісний і детермінований** підходи.

2.2.2 Розробка системи імовірнісних техніко-виробничих показників і критеріїв ефективності

При **імовірнісному підході** в якості загального показника ефективності функціонування СРЧМ на верхньому рівні використовується ймовірність досягнення цілі за рішенням усіх завдань РЧМ

$$P_{1Z} = P(Q_{<Z>} <> \Psi_{<Z>}) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} \Omega_Q(Q_{<Z>}) d\Theta_\Psi(\Psi_{<Z>}), \qquad (2.5)$$

де $\boldsymbol{\Omega_Q(Q_{<Z>}) \overset{d}{=} P(Q_{<Z>} <> Q^*_{<Z>}) = P(\bigcup_{z=1}^{Z}(Q_z <> Q^*_z))}$ - інтегральний закон розподілу випадкового вектора Q_z корисного результату операції з моніторингу заданого просторово-частотно-часового простору; $\boldsymbol{\Theta_\Psi(\Psi_{<Z>}) \overset{d}{=} P(\Psi_{<Z>} <> \Psi^*_{<Z>}) = P(\bigcup_{z=1}^{Z}(\Psi_{<Z>} <> \Psi^*_{<Z>}))}$ - функція розподілу випадкового вектора $\boldsymbol{\Psi_{<Z>}}$ вимагаємих (необхідних) результатів з моніторингу заданого просторово-частотно-часового простору.

Оскільки підцілі (табл. 2.1) є несумісними подіями і РП РЧМ незалежно вирішують поставлені перед ними задачі радіомоніторингу, то узагальнений показник P_{1Z} ефективності функціонування СРЧМ в загальному випадку представляється у вигляді суперпозиції ймовірностей досягнення цілей регіональними підсистемами:

$$P_{1Z} \overset{d}{=} \bigcup_{z=1}^{Z} \rho_z P_{1я}(Q_z <> \psi_z) \overset{d}{=} \bigcup_{l=1}^{L} \bigcup_{z=1}^{Z} \rho_z P_{2lz}(Q_{lz} <> \Psi_{lz}), \qquad (2.6)$$

де $\boldsymbol{P_{1Z}}$ і $\boldsymbol{P_{2lz}}$ - ймовірності досягнення кожної z-ої підцілі на центральному та регіональному рівнях; *l і L*- номер і кількість РП РЧМ; $\boldsymbol{\rho_z}$ - вагові коефіцієнти, які визначаються централізовано методом експертної оцінки для кожної з

підцілей, для яких має виконуватися умова $\sum_{z=1}^{Z} \rho_z = 1$.

При цьому критерії ефективності задаються частковими предикатами:

$$G_{1Z} : P_{1Z} \geq P_{1Z}^{тр}; G_{1z} : P_{1z} \geq P_{1z}^{тр}. \qquad (2.7)$$

На другому рівні ймовірність досягнення цілі ***l***-ої РП РЧМ по кожній ***z***-ій частковій задачі визначається суперпозицією ймовірностей виконання завдання ***m***-ми СРК по ***n***-им РЕЗ (смугах частот)

$$P_{2lz} \overset{d}{=} \bigcup_{m=1}^{M} \bigcup_{n=1}^{N} P_{3lzmn}\left(Q_{lzmn} <> \Psi_{lzmn}\right), \qquad (2.8)$$

де $\boldsymbol{P_{3lzmn}}$- ймовірність виконання завдання контролю ***m***-им СРК по ***n***-му РЕЗ (смузі частот); ***M*** *і* ***N*** - кількість СРК і РЕЗ ***l*** - ої РП РЧМ.

Для даного рівня критерій досягнення кожної ***z***-ої підцілі виражається частковим предикатом

$$G_2 : P_{21z} \geq P_{21z}^{тр}. \qquad (2.9)$$

На третьому рівні ймовірність досягнення цілі ***m***-им СРК з контролю випромінювання ***n***-ого РЕЗ (смуги частот) в ***l***-ої РП РЧМ визначається суперпозицією ймовірностей виконання всіх $\boldsymbol{H_z}$ операцій (табл. 2), необхідних при вирішенні ***z***-ої задачі

$$G_{3h} : P_{3lzmn} \geq P_{3lzmn}^{тр}; P_{lzmnh} \geq P_{lzmnh}^{тр}. \qquad (2.10)$$

Тоді відповідно до введеної раніше міри контролю використання РЧР (2.1) найбільш повною характеристикою ступеня пристосованості СРЧМ до

досягнення цілі (показником ефективності) на контрольованій території в смузі контрольованих частот і на заданому інтервалі часу буде ймовірність

$$P_{1Z} = \bigcup_{l=1}^{L} \bigcup_{z=1}^{Z} \rho_z P_{2lz}\left(S_{lz}^{к} \geq S_{lz}^{тр}, F_{lz}^{к} \geq F_{lz}^{тр}, T_{lz}^{к} \leq T_{lz}^{тр}\right) = \bigcup_{l=1}^{L} \bigcup_{z=1}^{Z} \bigcup_{m=1}^{M} \bigcup_{n=1}^{N} \bigcup_{h=1}^{H_я} \rho_z P_{lzmnh}\left(S_{lzmn}^{к} \geq S_{lzmn}^{тр}, F_{lzmn}^{к} \geq F_{lzmn}^{тр}, T_{lzmn}^{к} \leq T_{lzmn}^{тр}\right). \quad (2.11)$$

На основі виразів (2.6) - (2.11) нескладно отримати часткові (за завданнями) і інтегральні (за рівнями) імовірнісні показники ефективності функціонування СРЧМ з урахуванням охоплення відповідного просторово-частотно-часового простору. Зокрема, в табл. 2.4 представлені інтегральні імовірнісні показники ефективності функціонування СРЧМ, РП РЧМ і СРК для планово встановленого часу контролю $T^{(к)}$ (зміна, місяць, квартал, рік).

З аналізу виразу (2.11) випливає, що в якості показників і критеріїв ефективності функціонування СРК по виконанню зазначених в табл. 2.2 операцій, можуть бути використані імовірнісні просторові-частотно-часові і точнісні, представлені в табл. 2.5.

Таблиця 2.4 – Інтегральні ймовірнісні показники ефективності функціонування СРЧМ, РП РЧМ і СРК

Рівень ієрархії	Показник ефективності	Аналітичний вираз
СРЧМ	P_{1L}	$P_{1L} = \bigcup_{l=1}^{L} P_{2lZMN}\left(S_l^{к}, F_l^{к}, T^{к}\right) = f\left(S^{к}, F^{к}, T^{к}\right)$
РП РЧМ	P_{2lZMN}	$P_{2lZMN} = \bigcup_{z=1}^{Z} \bigcup_{m=1}^{M} \bigcup_{n=1}^{N} \rho_z P_{3lzmn}\left(S_{lzmn}^{к}, F_{lzmn}^{к}, T^{к}\right) = f\left(S_l^{к}, F_l^{к}, T^{к}\right)$
СРК	P_{3lZmN}	$P_{3lZmN} = \bigcup_{z=1}^{Z} \bigcup_{n=1}^{N} \rho_z P_{3lzmn}\left(S_{lzmn}^{к}, F_{lzmn}^{к}, T^{к}\right) = f\left(\Delta S_l^{к}, \Delta F^{к}, T^{к}\right)$
де: $P_{3lzmn}\left(S_{lzmn}, F_{lzmn}, T\right) = \bigcup_{h=1}^{H_z} P_{lzmnh}\left\{\vec{\eta} \in \Delta S_l^{к} \wedge \vec{\alpha} \in \Delta F_l^{к} \times \Delta T^{к} \Big/ P_{0m}\left(f_n, \beta_n\right) \wedge P_{1m}\left(\vec{\alpha}\right)\right\}$; $\vec{\eta} = \left\{x_n, \quad y_n\right\}$ – вектор координат РЕЗ; $\vec{\alpha} = \left\{f_n, \quad \Delta f_n, \quad \Delta\omega_n, \quad U_n, \quad \tau_n, \quad t_n\right\}$ – вектор сигнальних ознак випромінювань РЕЗ; f_n – несівна частота; Δf_n – ширина спектру;	

Рівень ієрархії	Показник ефективності	Аналітичний вираз
$\Delta\omega$ – девіація частоти; U_n – напруженість поля; τ_n – тривалість сигналу; t_n – тривалість радіовипромінювання; $P_{0m}(f_n, \beta_n)$ – ймовірність виявлення випромінювання РЕЗ по частоті і напрямку; $P_{1m}\left(\vec{\alpha}\right)$ – ймовірність ідентифікації випромінювання РЕЗ по вектору сигнальних ознак.		

Таблиця2.5- Показники і критерії ефективності функціонування СРК

Найменування показника ефективності	Показник ефективності	Критерій ефективності
1. Імовірність охоплення випромінювань РЕЗ по простору, частоті і часу	$P_{3lzmn}\left(\Delta S_l^{\kappa}, \Delta F_l^{\kappa}, T^{\kappa}\right)$	$P_{3lzmn}\left(\Delta S_l^{\kappa}, \Delta F_l^{\kappa}, T^{\kappa}\right) \geq$ $\geq P_{3lzmn}\left(\Delta S_l^{mp}, \Delta F_l^{mp}, T^{mp}\right)$
2. Імовірність пошуку і виявлення випромінювання РЕЗ за частотою і напрямком	$P_{0m}(f_n, \beta_n)$	$P_{0m}(f_n, \beta_n) \geq P_{0m}^{mp}(f_n, \beta_n)$
3. Імовірність ідентифікації випромінювання РЕЗ за вектором сигнальних ознак	$P_{1m}\left(\vec{\alpha}\right)$	$P_{1m}\left(\vec{\alpha}\right) \geq P_{1m}^{mp}\left(\vec{\alpha}\right)$
4.Середньоквадратична помилка вимірювання напрямку на РЕЗ	$\sigma_m\left(\beta_n\right)$	$\sigma_m\left(\beta_n\right) \geq \sigma_m^{mp}(\beta_m)$
5. Середньоквадратична помилка ідентифікації координат РЕЗ	$\sigma_m\left(\vec{\eta}\right)$	$\sigma_m\left(\vec{\eta}\right) \geq \sigma_m^{mp}\left(\vec{\eta}\right)$
6. Середньоквадратична помилка вимірювання сигнальних ознак випромінювання РЕЗ	$\sigma_m\left(\vec{\alpha}\right)$	$\sigma_m\left(\vec{\alpha}\right) \geq \sigma_m^{mp}\left(\vec{\alpha}\right)$

Для порівняння результатів ефективності функціонування СРЧМ за звітні періоди необхідно визначити систему детермінованих кількісних показників ефективності, значення яких відповідали б значенням відповідних імовірнісних показників, що характеризують заданий рівень якості функціонування системи.

2.2.3 Розробка системи детермінованих техніко-виробничих показників і критеріїв ефективності

Детермінований підхід до оцінки ефективності функціонування базується на тому положенні, що сукупність завдань радіомоніторингу вирішується в деякій частині просторово-частотно-часового простору. Результатом операції СРЧМ з урахуванням (2.1) є проконтролювати частина просторово-частотно-часового простору

$$Q = V^{\kappa} = S^{\kappa} \cdot F^{\kappa} \cdot T^{\kappa} . \qquad .$$

Для подальшого розгляду проблеми введемо такі позначення: V/N_Z- радіоспан, яку обіймає радіовипромінювання одного джерела; V^{κ}/N_Z- контрольований радіоспан; $N_Z=N_1+N_2+N_3+N_4$- загальна кількість випромінювань джерел по під цілях операції, наведених табл. 2.1.

Тоді за логікою міркувань (2.5) - (2.11) введемо узагальнений показник ефективності функціонування СРЧМ по оцінці стану використання РЧР $Q = V^{\kappa} = S^{\kappa} \cdot F^{\kappa} \cdot T^{\kappa}$:

$$W^{V} = (\frac{V^{\kappa}}{N_Z})/(\frac{V}{N_Z}) = \frac{V^{\kappa}}{V} = \frac{S^{\kappa} \cdot F^{\kappa} \cdot T^{\kappa}}{S \cdot F \cdot T} = \sum_{l=1}^{L}\sum_{z=1}^{Z}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{Nz}\sum_{h=1}^{H_z} \rho_z \frac{\Delta S^{\kappa}_{lzmnh}\Delta F^{\kappa}_{lzmnh}\Delta T^{\kappa}_{lzmnh}}{\Delta S_{lzmn}\Delta F_{lzmn}\Delta T_{lzmn}} \quad ,(2.12)$$

де: $\Delta S^{\kappa}_{lzmnh}\Delta F^{\kappa}_{lzmnh}\Delta T^{\kappa}_{lzmnh}$- просторово-частотно-часовий простору, контрольований *m*-им СРК, який виконуює *h* операцій по *n*-му РЕЗ (або смузі частот) при виконанні *z*-ої задачі в *l*–му регіоні; $\Delta S_{lzmn}\Delta F_{lzmn}\Delta T_{lzmn}$ - просторово-частотно-часовий простору, на якому зареєстровані РЕЗ (смуги частот); ρ_z - коефіцієнт важливості задачі; H_z - загальна кількість операцій, необхідних для вирішення ***z***-ї задачі; *M* - загальна кількість СРК; *Z*- загальна кількість задач РЧМ; *L* - загальна кількість РП РЧМ.

При цьому критерій ефективності визначається вимагаємим значенням показника ефективності, який обґрунтовується виходячи з фінансово-економічних, технічних і організаційних можливостей СРЧМ

$$W^{V} \geq W^{Vmp}. \tag{2.13}$$

Розроблена на основі детермінованого підходу система кількісних показників оцінки ефективності функціонування СРЧМ за плановий період $T^{(к)}$ представлена в таблиці 2.6. Науково-практична значущість і особливості використання показників, наведених у табл. 2.6, полягають в наступному. Показник W^{V} в табл. 2.6 є основним показником ефективності контролю стану використання РЧР. Часткові показники (W^{S}, W^{F}, W^{T}) можуть бути використані для виявлення резервів підвищення ефективності функціонування СРЧМ з контролю заданих зон дії, частотного діапазону і витрат часу.

Таблиця 2.6 - Узагальнена таблиця показників ефективності функціонування СРЧМ на всіх рівнях ієрархії

Найменування показника	Аналітичний вираз
1. Показник ефективності контролю використання РЧР	$W^{V} = \dfrac{S^{к} \cdot F^{к} \cdot T^{к}}{S \cdot F \cdot T}$
2. Часткові показники ефективності контролю використання виділеного РЧР по території, частотному діапазону і часу	$W^{S} = S^{к}/S$, $W^{F} = F^{к}/F$, $W^{T} = T^{к}/T$
3. Показник ефективності функціонування стаціонарної складової СРЧМ	$W^{VC} = \left(\dfrac{S^{кс} \cdot F^{кс} \cdot T^{кс}}{S \cdot F \cdot T}\right)_{в\ \ зоне\ \ ЭМД}$
4. Показник ефективності функціонування мобільної складової СРЧМ	$W^{VM} = \left(\dfrac{S^{км} \cdot F^{км} \cdot T^{км}}{S \cdot F \cdot T}\right)_{вне\ \ зоны\ \ ЭМД}$
5. Показник продуктивності СРЧМ за одиницючасу (годину, зміну, добу)	$П = \dfrac{S^{к} \cdot F^{к} \cdot T^{к}}{T}$

6. Показник ефективності функціонування СРЧМ стосовно рішення сукупності задач оцінки використання РЧР	$W = \sum_{z=1}^{Z} \rho_z \cdot W_z, \quad \sum_{z=1}^{Z} \rho_z = 1$
6.1. Показник ефективності контролю відповідності параметрів випромінювань зареєстрованих РЕЗ нормативним документам	$W_1^V = \frac{N_1^к \cdot F^к \cdot T^к}{N_1 \cdot F \cdot T}$
6.2. Показник ефективності контролю зайнятості смуг радіочастот	$W_2^V = \frac{S^к \cdot \Delta F_2^к \cdot T^к}{S \cdot F \cdot T}, \Delta F_2^к = \sum_{n=1}^{N_2} n \cdot \Delta f_n$
6.3. Показник ефективності виявлення незаконно діючих передавачів	$W_3^V = \frac{N_3^к \cdot F^к \cdot T^к}{N_3 \cdot F \cdot T}$
6.4. Показник ефективності виявлення джерел радіозавад роботі РЕЗ	$W_4 = \frac{N_4^к \cdot F^к \cdot T^к}{N_4 \cdot F \cdot T}$
7. Показник ефективності рішення задач контролю РЧР за рахунок реалізації нових властивостей системи	$W_z^{(V)} = \sum_{z=1}^{Z} \frac{W_z^У - W_z^{НУ}}{1 - W_z^{НУ}}$

Показники 3 і 4 необхідні для оцінки ефективності функціонування стаціонарної та мобільної складових СРЧМ і визначення шляхів їх вдосконалення та взаємодоповнення.

Показник продуктивності 5 доцільно використовувати для оцінки обсягу робіт з радіомоніторингу РЧР, виконаних СРЧМ, регіональними підсистемами і засобами (СРК) контролю за певний період часу.

Показники 6 дозволяють оцінити ефективність СРЧМ по вирішенню основних задач оцінки використання РЧР. При цьому показники 6.1, 6.3, і 6.4 визначають ефективність радіомоніторингу кількості РЕЗ, незаконно діючих передавачів (НДП) і ДРЗ, розміщених на території, з урахуванням їх охоплення по частотному діапазону і витрат часу, а показник 6.2 - ефективність радіомоніторингу кількості зайнятих смуг частот з урахуванням їх охоплення по території і часу. У представленому вигляді показники 6 доцільно використовувати при безперервному процесі радіомоніторингу (контролю). При виявленні НДП і джерел радіозавад завжди існує апріорна невизначеність щодо їх місця розташування, частотних характеристик

випромінювання і часу роботи. Дана обставина істотно знижує ймовірність і відповідно ефективність виявлення НДП і ДРЗ при проведенні періодичного контролю. У цьому випадку для визначення показника ефективності виявлення НДП доцільно використовувати підхід, при якому на основі результатів радіомоніторингу в попередні періоди часу прогнозується загальна кількість НДП в зоні відповідальності СРЧМ на поточний (плановий) період, $N_3 = N_3^{пр}$. Одночасно для визначення показника ефективності виявлення джерел радіозавад необхідно використовувати відомий підхід, заснований на задоволенні заявок користувачів РЧР про наявність завад у виділених смугах частот $N_4 = N_4^{з}$.

Якщо на виявлення НДП і джерел радіозавад керівним органом встановлюється директивний час $T^{дч}$, то для додаткової оцінки ефективності вирішення цих задач можна використовувати показник оперативності

$$(W_z^{оп})_{z=3,4} = (T_z^{дч} - T_z^{к}) / T_z^{дч}. \qquad (2.14)$$

Цей показник може набувати значень від 0 до 1. При від'ємному значенні показника (2.14) завдання вважається невиконаним.

Техніко-виробничі показники ефективності 6 за рішенням сукупності задач оцінки використання РЧР служать основою для розрахунку як інтегральних, так і виробничих показників ефективності функціонування СРЧМ і її регіональних підсистем.

Показник 7 табл. 2.6 характеризує ефективність вирішення задачконтролю РЧР за рахунок реалізації нових властивостей системи. Цей показник являє собою нормований відносний приріст ефективності рішення *z*-ої задачі за рахунок удосконалення СРЧМ, значення якого повинно знаходяться в інтервалі (0 ... 1). При цьому ефективність рішення *z*-ої задачі при реалізації ідеальної системи дорівнює одиниці, а для реальної системи ця величина завжди буде менше одиниці. Якщо ефективність рішення *z*-ої задачі

по планованому удосконалення СРЧМ стає менше існуючої, то показник 7 приймає значення менше нуля, що свідчить про негативний ефект.

Відповідно до виразу (2.12) і табл. 2.6 процедура оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу СРЧМ полягає в розрахунку показників ефективності 6, 5, 4, 3 на рівнях СРК і РП РЧМ. За значеннями цих показників розраховуються показники ефективності стаціонарної 3 і мобільної 4 складових СРЧМ, а потім - показник ефективності функціонування СРЧМ в цілому, наведений в рядку 1 табл. 2.6.

Запропонований методологічний підхід і розроблена єдина система показників можуть застосовуватися для оцінювання ефективності функціонування будь-якихз національних СРЧМ з мінімальною адаптацією до специфіки функціонування конкретної системи і її основних складових. У розділі 3 таблиці 3.1 наведені розроблені відповідно до запропонованого методологічного підходу методика і програмний комплекс оцінювання, розрахунку та прогнозування показників ефективності ведення радіомоніторингу СРЧМ загальних користувачів РЧР України [7, 8].

Висновки по розділу 2

2.1 Для оцінки ефективності ведення радіомоніторингу СРЧМ запропоновано і обґрунтовано використання просторово-частотно-часового методу, який встановлює діалектичний зв'язок між об'єктивно існуючим в просторово-частотно-часовому просторі РЧР та ступенем його охоплення радіомоніторингом. Використання даного методу дозволило визначити міру радіомоніторингу у вигляді контрольованого просторового-частотно-часового простору існування РЧР та головну ціль функціонування (ведення радіомоніторингу) СРЧМ у вигляді функції цілепокладання контрольованого і виділеного просторово-частотно-часових просторів.

2.2 Для обґрунтованої трирівневої ієрархічної моделі СРЧМ України в смугах частот загальних користувачів у відповідності з головною метою її

функціонування і вирішуємими завданнями на основі системного підходу визначено декомпозовані підцілі і побудовано «дерево» цілей, підцілей та операцій на відповідних рівнях ієрархії: СРЧМ, РП РЧМ і СРК. Такий підхід забезпечує аналіз будь-якої СРЧМ як цілісного утворення, в якому між структурою і функціями існує взаємозв'язок та взаємозумовленість, з урахуванням всієї сукупності вирішуємих завдань і технічних характеристик її підсистем та елементів.

2.3 Для кількісної оцінки результату операції, проведеної СРЧМ, запропоновано узагальнений показник результату операції у вигляді вектора, компоненти якого суть показники найбільш важливих окремих результатів, що відбивають результативність, ресурсомісткість і оперативність операції. Подання узагальненого показника результату операції у вигляді степеневої функції дозволяє отримати систему показників, що включає як зазначені основні показники, так і найважливіші похідні показники по продуктивності і ефективності-вартості. У загальному випадку ця система показників забезпечує оцінювання технічної, економічної, виробничої, техніко-економічної та техніко-виробничої ефективності функціонування СРЧМ, РП РЧМ і СРК по досягненню головної цілі: оцінки використання національного РЧР.

2.4 На основі просторово-частотно-часового методу розроблена комплексна система техніко-виробничих показників і критеріїв, що дозволяє оцінювати ефективність функціонування СРЧМ на різних рівнях її ієрархії. Комплексна система показників включає групи імовірнісних та детермінованих показників, що характеризують ефективність техніко-виробничої діяльності по досягненню цілей функціонування СРЧМ, її підсистем і елементів.

2.5 Система імовірнісних показників ефективності призначена для якісної оцінки потенційної ефективності ведення радіомоніторингу СРЧМ і прогнозу її розвитку на наступні періоди. Крім того, вона дозволяє також оцінити ефективність ведення радіомоніторингу існуючими СРК і пред'явити

вимоги до модернізованих і перспективних засобів.

2.6 Детермінована система показників, сформована в рамках запропонованого підходу, дозволяє оцінювати ефективність ведення радіомоніторингу СРЧМ з метою отримання даних, необхідних для управління використанням РЧР, та може застосовуватися на різних рівнях організаційної структури даної системи, починаючи з досягнення загальних цілей системи і закінчуючи окремими операціями РЧМ.

РОЗДІЛ 3
РОЗРОБКА МЕТОДИКИ І ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІКО-ВИРОБНИЧОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕДЕННЯ РАДІОМОНІТОРИНГУ

3.1 Методика оцінювання техніко-виробничої ефективності ведення радіомоніторингу

3.1.1 Вихідні дані для розрахунку техніко-виробничої ефективності ведення радіомоніторингу

Для визначення напрямків пошуку резервів підвищення ефективності функціонування СРЧМ на основі виразу (2.12) і табл. 2.6 була розроблена система часткових показників оцінювання ефективності охоплення радіомоніторингом радіовипромінювань РЕЗ по території *S*, частоті *F* і часу *T* стаціонарними та мобільними складовими і РП РЧМ в цілому при вирішенні основних задач. Дана система часткових показників представлена в табл.3.1.

Таблиця 3.1- Система часних показників оцінювання ефективності

Задача	По простору ***S***			По частоті***F***			По часу***T***		
	стац.	моб.	заг.	стац.	моб.	заг.	стац.	моб.	заг.
1	$w_{РЕЗ\ Sl\cdot ст}$	$w_{РЕЗ\ Sl\cdot моб}$	$w_{РЕЗ\ Sl\cdot}$	$w_{РЕЗ\ Fl\cdot ст}$	$w_{РЕЗ\ Fl\cdot моб}$	$w_{РЕЗ\ Fl\cdot}$	$w_{РЕЗ\ Tl\cdot ст}$	$w_{РЕЗ\ Tl\cdot моб}$	$w_{РЕЗ\ Tl\cdot}$
2	$w_{СЧ\ Sl\cdot ст}$	$w_{СЧ\ Sl\cdot моб}$	$w_{СЧ\ Sl\cdot}$	$w_{СЧ\ Fl\cdot ст}$	$w_{СЧ\ Fl\cdot моб}$	$w_{СЧ\ Fl\cdot}$	$w_{СЧ\ Tl\cdot ст}$	$w_{СЧ\ Tl\cdot моб}$	$w_{СЧ\ Tl\cdot}$
3	$w_{НДП\ Sl\ ст}$	$w_{НДП\ Sl\ моб}$	$w_{НДП\ Sl}$	$w_{НДП\ Fl\ ст}$	$w_{НДП\ Fl\ моб}$	$w_{НДП\ Fl}$	$w_{НДП\ Tl\ ст}$	$w_{НДП\ Tl\ моб}$	$w_{НДП\ Tl}$
4	$w_{ДРЗ\ Sl\cdot ст}$	$w_{ДРЗ\ Sl\cdot моб}$	$w_{ДРЗ\ Sl\cdot}$	$w_{ДРЗ\ Fl\cdot ст}$	$w_{ДРЗ\ Fl\cdot моб}$	$w_{ДРЗ\ Fl\cdot}$	$w_{ДРЗ\ Tl\cdot ст}$	$w_{ДРЗ\ Tl\cdot моб}$	$w_{ДРЗ\ Tl\cdot}$

Для врахування особливостей об'єктів радіомоніторингу використано об'єднання радіотехнології в ***J*** = 4 класи (див. р. 1.2.2), в яких враховано застосування однотипних методів і однотипних СРК на проведенні робіт, пов'язаних з РЧМ і електромагнітною сумісністю РЕЗ.

Методика оцінювання техніко-виробничої ефективності ведення радіомоніторингу РП РЧМ повинна враховувати особливості побудови і складу національної СРЧМ. Відповідно до виразу (2.12) в методиці повинні використовуватися кількість РП РЧМ і їх характеристики: технічна оснащеність (типи, кількість, продуктивність та інші технічні характеристики стаціонарних і мобільних СРК), кількість, типи і технічні характеристики контрольованих РЕЗ, кількість і групи радіотехнологій, до яких ці РЕЗ відносяться, площа контрольованого району та ін.

СРК можуть використовуватися за призначенням як в денний час доби, так і цілодобово. Це залежить від ресурсу робочого часу, який обмежується директивно робочою зміною. З урахуванням цих характеристик визначаються типи та кількість СРК, які можуть бути задіяні для вирішення кожного із завдань, виходячи зі співвідношення смуг частот, СРК і контрольованих РЕЗ, а також виходячи з коефіцієнту змінності роботи СРК протягом доби.

На основі звітів філій ДП «УДЦР» про результати виробничої діяльності їх РП РЧМ за квартал визначаються:

- кількість змін роботи стаціонарних і мобільних СРК з контролю РЕЗ та смуг частот, що відносяться до різних технологій;

- кількість запланованих для контролю і проконтрольованих стаціонарними і мобільними СРК РЕЗ і смуг частот;

- кількість незаконно діючих передавачів і заявок користувачів РЧР про наявність радіозавад чинним РЕЗ, а також час, що витрачається на їх виявлення і усунення.

В ході збору згаданих вихідних даних був розроблений спеціальний бланк єдиного запиту для всіх РП РЧМ, який дозволив отримати дані в єдиному форматі та спростити роботу оператора під час введення інформації в базу даних системи розрахунку.

Типи СРК, які можуть бути задіяні для РЧМ РЕЗ і смуг частот, визначаються на основі матриці $\mathbf{w_F} = \| \mathbf{w_{Fki}} \|$ розміру ($K_{СРК} \times I$), елементи

$\mathbf{w_{Fki}}$ якої характеризують ступінь взаємного перекриття діапазонів (смуг) робочих частот СРК k-го типу (k=1, 2, ..., $K_{СРК}$) і РЕЗi-ої радіотехнології. Матриця $\boldsymbol{w_F}$ визначається для кожної РП РЧМ, оскільки в різних філіях використовуються різні типи СРК і РЕЗ різних радіотехнологій. В результаті формується матриця $\mathbf{w_F} = \| \mathbf{w_{Flk}} \|$, де l = 1, 2, ..., L - номер РП РЧМ. Значення елементів матриці, змінюються від 0 при повному неспівпаданні смуг частот СРК і РЕЗ до 1 при повному їх перекритті [3].

На основі вихідних даних по кожній з РП РЧМ і річного фонду робочого часу розраховуються:

- виробниче навантаження СРК при однозмінній і тризмінній роботі;

- середня продуктивність за квартал СРК k-го типу при виконанні робіт по контролю параметрів РЕЗ радіотехнології i-го типу і контролю завантаженості смуг частот, що відносяться до будь-якої з 4-х класів радіотехнологій;

- кількість і середня продуктивність СРК k-го типу. Продуктивність стаціонарних і мобільних СРК k-го типу задається у вигляді матриць розміром ($K_{СРК}$×I), елементи яких $П_{РЕЗki}$ і $П_{СЧki}$ розраховуються, виходячи з технічних характеристик типів СРК і особливостей їх застосування для контролю РЕЗ різних радіотехнологій. Кількість СРК, задіяних для виконання цих завдань відображається у вигляді матриці розміром ($K_{СРК}$×L), де L - число РП РЧМ, $K_{СРК}$ - загальне число типів СРК [3].

3.1.2 Порядок оцінювання техніко-виробничих показників ефективності при вирішенні задачі контролю параметрів зареєстрованих радіоелектронних засобів

Згідно з розробленою системою (табл.3.1) в якості показників ефективності функціонування СРЧМ при вирішенні першої задачі в ***l***-ій філії в методиці необхідно використовувати показники $w_{РЕЗ\ Sl\cdot}$, $w_{РЕЗ\ Fl\cdot}$, $w_{РЕЗ\ Tl\cdot}$, l = 1, 2, ...,

L. Вони характеризують відповідно ступінь охоплення*l*-ої РП РЧМ території *l*-ої філії ДП «УДЦР», в межах якої розташовані РЕЗ, якіпідлягають контролю, ступінь перекриття СРК смуг частот, виділених контрольованим РЕЗ, і час роботи протягом доби. Значення цих показників ефективності розраховується окремо для стаціонарної та мобільної складових ***l***-ої філії ДП «УДЦР». При розрахунку враховуються число задіяних СРК для вирішення даної задачі, їх середня продуктивність за зміну по контролю РЕЗ кожної групи радіотехнологій та коефіцієнт змінності роботи СРК. Розрахунок показника ефективності $w_{РЕЗ\ Sl}$. проводиться за формулами:

а) для стаціонарної складової РП РЧМ *l*-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{РЕЗ\ Sl\ ст} = \frac{\sum_{k=1}^{K_{СРК\ ст}} (M_{СРК\ l,k} П_{РЕЗ\ k,j} n_{РЕЗ\ зм\ k})}{N_{РЕЗ\ ст\ l}} \ ; \qquad (3.1)$$

б) для мобільної складової РП РЧМ ***l***-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{РЕЗSl\ моб} = \frac{\sum_{j=1}^{4} [\sum_{k=K_{СРКст}+1}^{K_{СРК}} (M_{СРК\ l,k} П_{РЕЗ\ k,j}\ n_{РЕЗ\ зм\ k})]}{\sum_{j=1}^{4} N_{РЕЗ\ моб\ l,j}} \ , \qquad (3.2)$$

де: $M_{СРК\ l,k}$ - кількість СРК *k*-го типу в *l*-ій філії УДЦР; $П_{РЕЗ\ k,j}$ - продуктивність СРК *k*-го типу з контролю РЕЗ *j*-ої групи радіотехнологій за зміну; $n_{РЕЗ\ зм\ k}$ - кількість змін роботи СРК *k*-го типу з контролю РЕЗ за квартал; $N_{РЕЗ\ ст\ l}$ - кількість РЕЗ, проконтрольованих стаціонарною складовою РП РЧМ; $N_{РЕЗ\ моб\ l,j}$ - кількість РЕЗ, що відносяться до j-ої групи радіо технологій, проконтрольованих мобільною складовою.

Вибір значення показника ефективності $w_{РЕЗ\ Fl}$ проводиться шляхом порівняння зважених значень нижньої $F^{н}_{СРК,\mathrm{k}}$ і верхньої $F^{в}_{СРК,\mathrm{k}}$ меж частотного

діапазону СРК *k*-го типу зі зваженими значеннями нижньої $F^{н}_{РЕЗ,i}$ і верхньої $F^{в}_{РЕЗ,i}$ меж частотних діапазонів, зареєстрованих РЕЗ j -ої радіотехнології.

Зважені значення нижньої і верхньої меж частот сукупності РЕЗ та СРК *l*-ої філії ДП «УДЦР» обчислюються однотипно як для мобільної так і стаціонарної складової:

а) зважені значення нижньої і верхньої меж частот сукупності РЕЗ:

$$F^{г}_{РЕЗ,l} = \frac{\sum_{i=1}^{I} N_{РЕЗ\ l,i} \cdot f_{г,i}}{\sum_{i=1}^{I} N_{РЕЗ\ l,i}}, \qquad (3.3)$$

де $f_{г,i}$ - межа (верхня або нижня) діапазону частот РЕЗ *i*-ої радіотехнології, $N_{РЕЗ\ l,i}$ - кількість РЕЗ, що відносяться до і-ой радіотехнології в *l*-му регіоні.

б) зважені значення нижньої і верхньої меж частот сукупності СРК:

$$F^{г}_{СРК,l} = \frac{\sum_{k=1}^{K_{СРК}} M_{СРК\ l,k} \cdot f_{г,k}}{\sum_{k=1}^{K_{СРК}} M_{СРК\ l,k}}, \qquad (3.4)$$

де $f_{г,k}$ - межа (верхня або нижня) діапазону частот СРК *k*-го типу, $M_{СРК\ l,k}$ - кількість СРК *k*-го типу в *l*-му регіоні.

В результаті вибираються значення коефіцієнтів взаємного перекриття діапазонів частот окремо для стаціонарної та мобільної складових і загального – для РП РЧМ в цілому.

Розрахунок показника ефективності $w_{РЕЗ\ Tl}$ здійснюється виходячи з числа і типів СРК, задіяних для вирішення даної задачі і коефіцієнту змінності їх роботи. Виходячи з кількості робочих днів, кількість змін роботи СРК за

квартал може змінюватися в залежності від режиму роботи СРК (1-3 зміни на добу):

а) для стаціонарної складової РП РЧМ *l*-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{РЕЗ\ Tl\ ст} = \frac{\sum_{k=1}^{K_{СРКст}} \left[M_{СРК,l,k} \cdot \left(n_{РЕЗ\ зм} \right)_{l,k} \right]}{\sum_{k=1}^{K_{СРКст}} n_{РЕЗ\ зм,кв\ k} \cdot M_{СРК,l,k}}, \tag{3.5}$$

б) для мобільної складової РП РЧМ *l*-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{РЕЗ\ Tl\ моб} = \frac{\sum_{k=K_{СРКст}+1}^{K_{СРК}} \left[M_{СРК\ l,k} \cdot \left(n_{РЕЗ\ зм} \right)_{l,k} \right]}{\sum_{k=K_{СРКст}+1}^{K} n_{РЕЗ\ зм\ кв\ k} \cdot M_{СРК\ l,k}}, \tag{3.6}$$

де $M_{СРК\ l,k}$ - кількість СРК*k*-го типу в *l*-му регіоні; $\left(n_{РЕЗ\ зм} \right)_{l,k}$ - кількість змін роботи СРК *k*-го типу в *l*-му регіоні при виконанні задачі контролю параметрів випромінювань РЕЗ; $n_{РЕЗ\ зм\ кв\ k}$ - загальна кількість змін роботи СРК за квартал.

3.1.3 Порядок оцінювання техніко-виробничих показників ефективності при вирішенні завдання контролю зайнятості смуг частот

У якості показників ефективності функціонування РП РЧМ при оцінюванні контролю зайнятості смуг частот в методиці використовуються показники ефективності $w_{СЧ\ Sl}$, $w_{СЧ\ Fl}$ і $w_{СЧ\ Tl}$, оцінювання яких проводиться з урахуванням специфіки даної задачі контролю СЧ для кожної з РП РЧМ.

Показник ефективності $w_{СЧ\ Sl}$ оцінюється окремо для стаціонарної

$S_{СРК\ ст\ l}$ та мобільної $S_{СРК\ моб\ l}$ складової і для кожної з РП РЧМ як відношення сумарної площі зон ЕМД стаціонарних та мобільних СРК *l*-го регіону до подвоєної площі S_l регіону, на якій розміщені РЕЗ, що підлягають контролю РП РЧМ ***l***-ої філії ДП «УДЦР». Оцінювання показників ефективності охоплення території при виконанні задачі контролю зайнятості смуг частот виконується за формулами:

а) для стаціонарної складової РП РЧМ ***l***-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{СЧ\ Sl\ ст} = \frac{S_{СРК\ ст\ l}}{S_l}\ , \tag{3.6}$$

б) для мобільної складової РП РЧМ ***l***-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{СЧ\ Sl\ моб} = \frac{S_{СРК\ моб\ l}}{S_l}\ , \tag{3.7}$$

в) спільного з урахуванням усереднення:

$$w_{СЧ\ Sl} = \frac{w_{СЧ\ Sl\ ст} + w_{СЧ\ Sl\ моб}}{2}\ , \tag{3.8}$$

де: $S_{СРК\ ст\ l}$ - зона ЕМД стаціонарних СРК *l*-го регіону; $S_{СРК\ моб\ l}$ - зона ЕМД мобільних СРК *l*-го регіону; S_l - площа *l*-го регіону.

Оцінювання показника ефективності $w_{СЧ\ Fl}$ здійснюється, виходячи з кількості планових і позапланових задач з контролю зайнятості смуг частот, кількості задіяних СРК, їх продуктивності за зміну і кількості змін роботи СРК за квартал при вирішенні даної задачі. Кількість планових задач визначається по кожній з чотирьох груп радіотехнологій окремо для

стаціонарних і мобільних СРК. Оцінювання коефіцієнту $w_{СЧ\,Fl}$ здійснюється за формулами:

а) для стаціонарної складової РП РЧМ *l*-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{СЧ\,Fl\,ст} = \frac{\sum_{k=1}^{K_{СРК\,ст}} (M_{СРК\,l,k} \Pi_{СЧ\,k,1} n_{СЧ\,см\;k})}{N_{СЧ\,l,1}^{план} + N_{СЧ\,l}^{впл}} \; ; \qquad (3.9)$$

б) для мобільної складової РП РЧМ *l*-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{СЧ\,Fl\,моб} = \frac{\sum_{j=1}^{4} [\sum_{k=K_{СРКст}+1}^{K_{СРК}} (M_{СРК\,l,k} \Pi_{СЧ\,k,j}\, n_{СЧ\,см\;k})]}{\sum_{j=1}^{4} (N_{СЧ\,моб\;l,j}^{план} + N_{СЧ\,моб\;l,j}^{впл})} \; , \qquad (3.10)$$

де: $M_{СРК\,l,k}$ - кількість СРК *k*-го типу в *l*-му регіоні ДП «УДЦР»; $\Pi_{СЧ\,k,j}$ - продуктивність СРК *k*-го типу за зміну при контролі зайнятості смуг частот, що відносяться до*j*-ї групи радіотехнологій; $n_{СЧ\,зм\,k}$ - кількість змін роботи СРК *k*-го типу за квартал з контролю зайнятості смуг частот; $N_{СЧ\,l}^{план}$, $N_{СЧ\,l}^{впл}$ - відповідно кількість планових і позапланових задач з контролю смуг частот в ***l***-ій філії ДП «УДЦР»; $N_{СЧмоб\,l,j}^{план}$, $N_{СЧмоб\,l,j}^{впл}$ - відповідно кількість планових і позапланових смуг частот, що відносяться до *j*-ої групи радіотехнологій, запланованих для контролю мобільними СРК в *l*-ій філії ДП «УДЦР».

Кількість планових задач по контролю завантаженості смуг частот задається у вигляді матриці розміру ($L \times I$), елементами якої є кількість $N_{СЧ\,li}$ смуг частот *i*-ої радіотехнології, запланованих для контролю в *l*-ій філії ДП «УДЦР».

Значення показника ефективності $w_{СЧ\,Tl}$ оцінюється, виходячи з числа СРК, задіяних для вирішення даної задачі, коефіцієнта змінності і кількості

змін їх роботи за квартал. Час роботи СРК *l*-ої філії задається у вигляді вектора ($K_{СРК}$), значеннями якого є загальна кількість змін роботи СРК *k*-го типу (k = 1, 2, ..., $K_{СРК}$) за квартал. При цьому:

а) для стаціонарної складової РП РЧМ *l*-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{СЧ\ Tl\ ст} = \frac{\sum_{k=1}^{K_{СРКст}} \left[M_{СРК\ l,k} \cdot \left(n_{СЧ\ зм} \right)_{l,k} \right]}{\sum_{k=1}^{K_{СРКст}} n_{зм,кв\ k} \cdot M_{СРК\ l,k}} \ ; \qquad (3.11)$$

б) для мобільної складової РП РЧМ *l*-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{СЧ\ Tl\ моб} = \frac{\sum_{k=K_{СРКст}+1}^{K_{СРК}} \left[M_{СРК\ l,k} \cdot \left(n_{СЧ\ зм} \right)_{l,k} \right]}{\sum_{k=K_{СРКст}+1}^{K} n_{зм,кв\ k} \cdot M_{СРК\ l,k}} \ , \qquad (3.12)$$

де: $M_{СРК\ l,k}$ - кількість СРК *k*-го типу в *l*-му регіоні; $\left(n_{СЧ\ зм} \right)_{l,k}$ - кількість змін роботи СРК *k*-го типу в *l*-му регіоні при виконанні задачі контролю зайнятості смуг частот; $n_{зм,кв\ k}$ - загальна кількість змін роботи СРК за квартал.

3.1.4 Порядок оцінювання техніко-виробничої ефективності при вирішенні задачі виявлення незаконно діючих передавачів

Ефективність функціонування РП РЧМ ***l***-ої філії ДП «УДЦР» (l = 1, 2, ..., L) при вирішенні задачі виявлення НДП характеризується чисельними значеннями показників $w_{НДП\ Sl}$, $w_{НДП\ Fl}$ і $w_{НДП\ Tl}$, оцінювання яких проводиться на основі гіпотези про те, що кількість НДП в регіоні прямо пропорційна чисельності населення. Виходячи з цієї гіпотези, показник $w_{НДП\ Sl}$ оцінюється як відношення сумарної чисельності населення, яке проживає в зонах ЕМД

стаціонарних і мобільних СРК, до загальної чисельності населення, що проживає на території контрольованого регіону:

$$w_{НДП\ Sl} = \frac{w_{НДП\ Sl\ ст} + w_{НДП\ Sl\ моб}}{2} = \frac{H_{l\ ст} + H_{l\ моб}}{2H_l}\ , \qquad (3.13)$$

де $H_{l\ ст}$, $H_{l\ моб}$ - відповідно кількість населення проживає в зонах ЕМД стаціонарних і мобільних СРК ***l***-го регіону, H_l - - населення *l*-го регіону.

Так як виявлення НДП відбувається в процесі вирішення задач контролю параметрів випромінювань зареєстрованих РЕЗ та зайнятості смуг частот, то параметр $w_{НДП\ Fl}$ оцінюється як усереднений показник вирішення цих задач:

$$w_{НДП\ Fl} = \frac{w_{РЕЗ\ Fl} + w_{СЧ\ Fl}}{2}. \qquad (3.14)$$

При оцінюванні показників ефективності в часовій області показник $w_{НДП\ Tl}$ оцінюється як залишок частки часу виявлення одного НДП всією сукупністю СРК до 25% бюджету часу (4 основні задачі радіомоніторингу рівнозначні між собою за важливістю) на виконання позапланових задач:

$$w_{НДП\ ст\ Tl} = 1 - \frac{1}{N_{НДП}} \cdot \frac{\sum_K M_{СРК\ l,k} \cdot \left(n_{НДП\ зм}\right)_{l,k}}{0{,}25 \cdot \sum_K n_{зм,кв\ k} \cdot M_{СРК\ l,k}}, \qquad (3.15)$$

де: $N_{НДП}$ - кількість виявлених НДП; $M_{СРК\ l,k}$ - кількість СРК *k*-го типу в *l*-му регіоні; $\left(n_{НДП\ зм}\right)_{l,k}$ - кількість змін роботи СРК *k*-го типу в *l*-му регіоні при вирішенні задачі виявлення НДП; $n_{зм,кв\ k}$ - загальна кількість змін роботи СРК

за квартал.

3.1.5 Порядок розрахунку техніко-виробничих показників ефективності при вирішенні задачі виявлення джерел радіозавад

Ефективність функціонування РП РЧМ l-го філії ДП «УДЦР» (l = 1, 2, ..., L) при вирішенні задачі виявлення джерел радіозавад характеризується чисельними значеннями показників $w_{ДРЗ\ Sl}$, $w_{ДРЗ\ Fl}$ і $w_{ДРЗ\ Tl}$.

Показник ефективності охоплення по простору прийнятий за $w_{ДРЗ\ Sl} = 1$. Це обумовлено тим, що завада може з'явитися в будь-якому місці простору. Показник ефективності охоплення по частоті оцінюється окремо для стаціонарної та мобільної складової як відношення кількості виявлених ДРЗ мобільними і стаціонарними СРК до загальної кількості очікуваних ДРЗ:

а) для стаціонарної складової РП РЧМ ***l***-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{ДРЗст\ F,l} = \frac{N^{вияв.}_{ДРЗ\ ст\ l}}{N^{очік.}_{ДРЗ\ l}}, \tag{3.16}$$

б) для мобільної складової РП РЧМ ***l***-ої філії ДП «УДЦР»:

$$w_{ДРЗ\ мобF,l} = \frac{N^{вияв.}_{ДРЗ\ моб\ l}}{N^{очік.}_{ДРЗ\ l}}, \tag{3.17}$$

де $N^{выяв.}_{ДРЗ\ ст\ l}$ і $N^{выяв.}_{ДРЗ\ моб\ l}$ - відповідно кількість виявлених ДРЗ стаціонарними і мобільними СРК в l-му регіоні, $N^{заяв.}_{ДРЗ\ l}$ - кількість заявлених ДРЗ у l-му регіоні.

Загальний показник ефективності охоплення по частоті при вирішенні даної задачі оцінюється як усереднений показник ефективності охоплення по частоті стаціонарними і мобільними СРК:

$$w_{ДРЗ\ Fl} = \frac{w_{ДРЗст\ F,l} + w_{ДРЗ\ мобF,l}}{2}. \qquad (3.18)$$

Показники ефективності охоплення в часовій області $w_{ДРЗ\ Tl}$ оцінюється однотипно для стаціонарної та мобільної складових як залишок частки часу на виявлення однієї завади всією сукупністю СРК до нормативного часу 25 діб:

$$w_{ДРЗ\ ст/моб\ Tl} = 1 - \frac{1}{25} \cdot \frac{\sum_{K} M_{СРК\ l,k} \cdot \left(n_{ДРЗ\ зм}\right)_{l,k}}{N^{очік.}_{ДРЗ\ ст/моб\ l}}, \qquad (3.19)$$

де: $M_{СРК\ l,k}$ - кількість СРК *k*-го типу в *l*-му регіоні; $\left(n_{ДРЗ\ зм}\right)_{l,k}$ - кількість змін роботи СРК *k*-го типу в *l*-му регіоні при вирішенні задачі виявлення ДРЗ; $N^{очік.}_{ДРЗ\ ст/моб\ l}$ - загальна кількість очікуваних ДРЗ за квартал в *l*-му регіоні для стаціонарних або мобільних складових.

3.1.6 Удосконалена методика оцінювання показників продуктивності, виробничої потужності і ефективності роботи станцій радіоконтролю

Під ефективністю роботи СРК будемо розуміти відношення кількісно виражених результатів, отриманих за допомогою даного СРК за заданий період часу до потенційних або максимально можливих за той же період.

Ефективність ведення радіомоніторингу СРК в значній мірі залежить від його функціональних і технічних можливостей, які визначають їх продуктивність та виробничу потужність при вирішенні основних задач радіомоніторингу [28]. Продуктивність і виробнича потужність є досить універсальними технічними показниками і дозволяють відстежувати результати виробничої діяльності. У загальному випадку продуктивність і

виробнича потужність є позасистемними величинами, визначають обсяг виконуваної роботи або кількість виробленої продукції відповідно за одиницю часу або за певний період і залежать від процесу ведення радіомоніторингу [3].

Відповідно до детермінованого просторово-частотно-часового підходу з оцінювання ефективності функціонування СРЧМ [1] продуктивність СРК в загальному вигляді визначається виразом

$$\Pi = \Delta S_k \cdot \Delta F_k \cdot (\Delta T_k / T), \tag{3.20}$$

де: ΔS_k, ΔF_k *и* ΔT_k - контрольовані територія, частотний діапазон і час контролю; T - період часу (годину, зміна, доба).

Тоді виробничу потужність СРК можна оцінити як

$$\pi = \Pi \cdot T^{пл.к}, \tag{3.21}$$

де $T^{пл.к}$ - плановий час радіоконтролю (місяць, квартал, рік).

Технологія використання СРК в процесі радіомоніторингу залежить від контрольованої радіотехнології, характеру вирішуваних задач, рівня автоматизації їх рішення і кваліфікації операторів.

Відповідно до [62] Державне підприємство «Український державний центр радіочастот» здійснює плановий періодичний (щомісячний) технічний радіоконтроль випромінювань РЕЗ I = 23 радіотехнологій загального користування протягом $T^{пл.к}$ = 21 робочого дня при тривалості робочої зміни $T^{зм}$ = 8 годин з наданням щомісячної та узагальненої щоквартальної електронної звітності за $3T^{пл.к}$ = 63 робочих дня. При цьому вирішуються наступні задачі радіомоніторингу, що визначені підцілями в табл. 2.1 з кількісно вираженими результатами N_z:

- z = 1 - контроль відповідності параметрів випромінювань

зареєстрованих РЕЗ нормативним документам;

-z= 2 - контроль зайнятості смуг радіочастот;

-z= 3 - виявлення НДП;

-z= 4 – виявлення ДРЗ.

Для їх вирішення в РП РЧМ повністю або частково використовується сукупність стаціонарних, мобільних і транспортуємих (носимих) СРК, що включає k= 14 типів. Дані типи СРК представлені в табл.3.2 із наведенням їх призначення і ступеня мобільності згідно [28]. Детальні технічні характеристики зазначених СРК можна знайти в довідниках з радіомоніторингу [28, 61,62, 70-75, 80, 86] і на сайтах фірм-виробників.

Таблиця 3.2 - Перелік засобів радіоконтролю, що використовуються

№ (k)	Тип СРК	Призначення	Мобільність
1	РМ-172	Виявлення та технічного радіоконтролю (ВТРК)	Стаціонарні
2	РМ-2500Р	Загального	
3	АИК-С		
4	АИК-СП(СП6)	ВТРК	
5	UMS-100		
6	РМ-1300 XX	Загального	Мобільні
7	РМ-1300-2Р3		
8	РМ-1300-Р3/5	Спеціалізовані	
9	РМ-1300-Р3/5М		
10	Romes-3NG	ВТРК	Транспортуємі
11	Нагляд А6		
12	«Anritsu»	Анализатори спектру	
13	«Advantes»		
14	ССТК	Вимірювальна лабораторія	Мобільна

Досить широка номенклатура наявнихСРК в ДП «УДЦР» обумовлена їх цільовими застосуваннями для вирішення різнотипних задач по різнотипним радіотехнологіям, що вимагають проведення різного числа операцій і різних методів радіоконтролю. Внаслідок цього продуктивність і виробнича потужність одного і того ж СРК при вирішенні різних задач і

радіомоніторингу випромінювань РЕЗ різних радіотехнологій буде різною.

У зв'язку з цим доцільно скористатися розглянутим в р. 1.2.2 розбиттям радіотехнологій на 4 класи (групи), радіомоніторинг випромінювань РЕЗ яких може забезпечуватися однотипними СРК. Однак, в силу багатьох факторів (географічних, економічних, часових) реально СРК використовуються комплексно для радіомоніторингу декількох класів радіотехнологій. Так, зокрема, з метою економії матеріальних і часових ресурсів мобільні СРК, слідуючи за розробленим маршрутом, контролюють випромінювання РЕЗ, що відносяться до першого і другого класу радіотехнологій. При цьому продуктивність мобільних СРК за цими радіотехнологіями буде різною. Крім того, протягом періоду планового контролю окремі типи СРК можуть брати участь в рішенні не всіх, а тільки частини завдань радіомоніторингу.

З урахуванням викладеного та відповідно до (3.20) середню (узагальнену) за задачами і класами радіотехнологій продуктивність СРК k - го типу в певному просторово-частотно-часовому просторі можна представити у вигляді матриці розміру $(Z \times J = 4 \times 4)$:

$$\Pi_k = \sum_{z=1}^{Z}\sum_{j=1}^{J} \rho_{kzj} \frac{\Delta S_{kzj}^{\text{к}} \cdot \Delta F_{kzj}^{\text{к}} \cdot \Delta T_{kzj}^{\text{к}}}{T} = \sum_{z=1}^{Z}\sum_{j=1}^{J} \rho_{kzj} \cdot \Pi_{kzj}\,, \qquad (3.22)$$

де: ρ_{kzj} - коефіцієнт важливості вирішення z - ї задачі по контролю РЕЗ, що відносяться до j - го класу радіотехнологій, причому $\sum_{z=1}^{Z}\sum_{j=1}^{J} \rho_{kzj} = 1$; Π_{kzj} - окремі (часткові) продуктивності СРК по відповідній задачі і класу радіотехнологій; $\Delta S_{kzj} \cdot \Delta F_{kzj} \cdot \Delta \mathrm{T}_{kzj}$ - просторово-частотно-часовий простір, що включає зону ЕМД СРК, контрольований частотний діапазон і час їх контролю.

Середня (узагальнена) продуктивність СРК може бути використана для оптимізації охоплення випромінювань РЕЗ різних радіотехнологій в зоні

контролю по частотному діапазону і витратам часу. Реальна продуктивність СРК залежить від кількості (щільності) РЕЗ в контрольованій зоні, щільності робочих частот в контрольованому діапазоні, часу виконання цільової задачі і обраного періоду часу.

Радіомоніторинг є комплексним процесом, на який впливають безліч чинників детермінованого і випадкового характеру, що, в свою чергу, впливає на тривалість виконання окремих операцій радіоконтролю. Для їх статистичного усереднення доцільно відповідно до нормативного документу [72] вибрати директивний період часу $T = T^{\text{зм}}$.

Врахуємо щільності розподілу РЕЗ контрольованих груп радіотехнологій по території в межах зони ЕМД $p_{N_j}(x, y)$ та в частотному діапазоні $p_{N_j}(\Delta f_j)$. Ці величини можна отримати на основі попереднього аналізу радіоелектронно-об'єктової обстановки (РЕОО) контрольованої зони або регіону по базі даних частотних присвоєнь. При цьому відносні частини контрольованих РЕЗ по радіотехнологіям за робочу зміну можуть бути визначені як

$$N_{zj}^{\kappa} = \int_{\Delta S_k} p_j(x, y)dxdy \int_{\Delta F_k} p_j(\Delta f)df \,. \tag{3.23}$$

Відповідно окремі продуктивності СРК за відповідними задачами і радіотехнологіями в (3.22) будуть описуватися виразом

$$\Pi_{kzj} = {N_j^{\kappa} \cdot \Delta T_{kzj}}\Big/{T^{\text{зм}}} \,. \tag{3.24}$$

При $\Delta T_{kzj} = T^{\text{зм}}$ вираз (3.24) визначає потенційну продуктивність Π_{kzj}^{n} СРК k - го типу при вирішенніz-ої задачі по РЕЗj - класу радіотехнологій за робочу зміну. Слід враховувати, що при практичному використанні СРК

завжди мають місце як продуктивні, так і непродуктивні витрати часу, тобто

$$\Delta T_{kzj} = \Delta T_{kzj}^{\text{пр}} + \Delta T_{kzj}^{\text{непр}} . \qquad (3.25)$$

Визначивши продуктивні і непродуктивні витрати часу, нескладно відповідно до (3.24) знайти реальну продуктивність Π_{kzj}^{p} для тих же умов. Реальна продуктивність кожного типу СРК з контролю випромінювань РЕЗ *j*-ого класу радіотехнологій за робочу зміну при вирішенні перших двох задач використовується в методиці розрахунку ефективності радіоконтролю РП РЧМ і СРЧМ в цілому [2].

Беручи до уваги, що за плановий період СРК *k*-ого типу може вирішувати всі задачі і здійснювати радиоконтроль випромінювань РЕЗ всіх груп радіотехнологій, його узагальнену реальну і потенційну виробничі потужності знайдемо, підставивши (3.22) в (3.21)

$$\pi_k = \sum_{z=1}^{Z} \sum_{j=1}^{J} \rho_{kzj} \cdot \Pi_{kzj} \cdot \mathrm{T}_{kzj}^{пл.к} , \qquad (3.26)$$

де: $\Pi_{kzj} = \Pi_{kzj}^{p}$ або Π_{kzj}^{n}, що розраховуються за виразом (3.24); $\mathrm{T}_{kzj}^{пл.к}$ - кількість робочих змін вирішення *z*-ої задачі по радіоконтролю випромінювань РЕЗ *j* - ого класу радіотехнологій.

Тоді показник ефективності роботи СРК ***k***-ого типу за рішенням всіх або частини задач і радіомоніторингу всіх або частини радіотехнологій може бути визначений за співвідношенням реальної і потенційної виробничих потужностей

$$\mathrm{E}_{kzj}^{пл.к} = \pi_k^{p} \Big/ \pi_k^{n} , \qquad (3.27)$$

де π_k^p і π_k^n - відповідно реальна і потенційна виробничі потужності.

При цьому критерієм ефективності є умова $\mathrm{E}_k \geq \mathrm{E}_k^{потр}$, де $\mathrm{E}_k^{потр}$ - потрібна ефективність виробничої потужності.

З багатьох причин об'єктивного і суб'єктивного характеру (несправності апаратури контролю і транспортних засобів мобільних СРК, кількісна надмірність деяких типів СРК, недостатня кваліфікації обслуговуючого персоналу та ін.) деякі типи СРК не можуть бути використані для вирішення задач радіомоніторингу весь плановий період $T^{\text{пл.к}}$. Для виявлення конкретних причин такого характеру доцільно ввести показник і критерій ефективності використання СРК. В якості такого показника пропонується коефіцієнт (показник ефективності) використання існуючого парку СРК:

$$\mathrm{E}_k^{\text{в}} = \sum_{z=1}^{Z}\sum_{j=1}^{J}\mathrm{T}_{kzj}^{\text{пл.к}} \Big/ \mathrm{T}^{\text{пл.к}} \quad \text{и} \quad \mathrm{E}_k^{в} \geq \mathrm{E}_k^{в.потр}. \qquad (3.28)$$

Оцінювання показників продуктивності (3.24) і показників ефективності (3.27), (3.28) має важливе практичне значення. Використання показника (3.24) дозволяє провести порівняльний аналіз можливостей усіх типів СРК по ефективності вирішення кожної задачі і радіомоніторингу РЕЗ кожної групи радіотехнологій. За допомогою показника (3.27) можна оцінити ефективність роботи кожного СРК в РП РЧМ за плановий період. Спільне використання показників (3.27) і (3.28) дозволяє розробити напрями вдосконалення (оптимізації) структури РП РЧМ (складу, типажу, розміщення стаціонарних і маршрутів мобільних СРК).

3.1.7 Порядок оцінювання показників продуктивності, виробничої потужності і ефективності роботи станцій радіоконтролю

Продемонструємо практичну спрямованість викладеного методичного підходу до оцінки ефективності роботи і використання існуючого парку СРК в регіональних підсистемах національної СРЧМ загальних користувачів РЧР.

Виходячи з (3.25), необхідно визначити і розрахувати продуктивні і непродуктивні витрати часу при вирішенні СРК задач радіомоніторингу. Відповідно до [72-74] спільно з фахівцями ДП «Український державний центр радіочастот» було визначено, що загальні непродуктивні витрати часу включають в себе:

- час $\Delta T^{пз}$ постановки завдань операторам на зміну;
- час $\Delta T^{кф}$ на проведення контролю функціонування СРК;
- час $\Delta T^{рух}$ руху до місця проведення радіомоніторингу;
- час $\Delta T^{рз}$ на розгортання / згортання СРК;
- час $\Delta T^{оо}$ на остаточну обробку результатів радіомоніторингу.

З урахуванням технології використання СРК непродуктивні витрати часу для стаціонарних, мобільних і портативних СРК будуть відрізнятися. Непродуктивні витрати часу для стаціонарних СРК розраховуються як

$$\Delta T_{kzj}^{\text{непр стац}} = \Delta T_{kzj}^{пз} + \Delta T_{kzj}^{\text{кф}} + \Delta T_{kzj}^{\text{оо}}. \qquad (3.29)$$

Непродуктивні витрати часу для мобільних і портативних СРК визначаються наступними часовими параметрами

$$\Delta T_{kzj}^{\text{непр моб}} = \Delta T_{kzj}^{пз} + \Delta T_{kzj}^{кф} + \Delta T_{kzj}^{оо} + \Delta T_{kzj}^{рух} + \Delta T_{kzj}^{рз}. \qquad (3.30)$$

При цьому необхідно враховувати також те, що не всі мобільні СРК потребують розгортання апаратури на місцевості і можуть здійснювати

виконання необхідних функціональних операцій в автоматичному режимі під час руху. В цьому випадку час $\Delta T_{kzj}{}^{рз} = 0$.

До продуктивних витрат часу на радіомоніторинг випромінювання одного РЕЗ стаціонарними, мобільними і портативними СРК були віднесені:

- час $\Delta T_{kzj1}^{рв}$ на виконання операцій по радіоконтролю випромінювання;

- час $\Delta T_{kzj1}^{фп}$ на формування електронного протоколу вимірювань;

- час $\Delta T_{kzj1}^{по}$ на первинну обробку результатів.

Відповідно загальні продуктивні витрати часу для всіх типів СРК

$$\Delta T_{kzj1}^{пр} = \Delta T_{kzj1}^{рв} + \Delta T_{kzj1}^{фп} + \Delta T_{kzj1}^{по}. \qquad (3.31)$$

Для проведення відповідних розрахунків в Харківській РП РЧМ було проведено хронометраж продуктивних і непродуктивних витрат часу відповідно до (3.29-3.31). У табл. 3.3 для прикладу представлені статистично усереднені результати вимірювання зазначених часових витрат при рішенні першої задачі наведеними вище типами СРК. При цьому в таблиці об'єднані в групи різнотипні СРК, які здійснюють моніторинг випромінювань РЕЗ однакових класів радіотехнологій. Загальні продуктивні витрати часу $\Delta T_{k1j1}^{пр}$ на рішення першої задачі під час зміни $T^{зм}$ визначені по даним табл.3.3 за виразом (3.25).

Аналогічне оцінювання продуктивних витрат часу були проведені по виконанню операцій радіомоніторингу різними типами СРК при вирішенні другої задачі (z= 2).

При виконанні СРК завдань $z = 3$ і $z = 4$ існує ряд факторів, що ускладнюють оцінювання продуктивних витрат часу:

- періодичність радіоконтролю;

- апріорна невизначеність щодо часу роботи, частотних характеристик випромінювання та місця розташування НДП і ДРЗ;

- необхідність залучення для визначення місця розташування НДП або ДРЗ 2-3 стаціонарних і / або мобільних СРК.

Дані фактори суттєво збільшують продуктивні часові витрати на виявлення НДП і ДРЗ, які можуть становити від декількох годин до декількох робочих змін. У зв'язку з цим, на основі статистичного усереднення підсумків вирішення цих задач РП РЧМ за звітні періоди, було визначено, що потенційно за робочу зміну два СРК можуть виявити один НДП або однеДРЗ.

У табл. 3.4 наведені оцінки реальної і потенційної продуктивностей СРК за робочу зміну для z= 1 і z= 2 і всіх класів радіотехнологій ($\boldsymbol{J}$ = 4) з урахуванням технологічного процесу їх радіомоніторингу, розраховані за допомогою формули (3.24) за отриманими даними продуктивних і непродуктивних витрат часу . Потенційні продуктивності СРК по вирішенню задач z = 3 і z= 4 визначалися на основі викладених вище міркувань, а реальні - за результатами виявлення НДП і ДРЗ.

Оцінки реальних продуктивностей ілюструють можливості кожного типу СРК з радіомоніторингу випромінювань РЕЗ за робочу зміну по кожній задачі і класу радіотехнологій. Відзначимо, що класи радіотехнологій включають в свій склад всі $\boldsymbol{I}$ = 23 типа, що експлуатуються на території України. З таблиці випливає, що неминучі для технологічного процесу радіомоніторингу непродуктивні витрати часу знижують реальну продуктивність СРК на 15 - 25% в порівнянні з потенційною.

Оскільки узагальненим звітним періодом роботи РП РЧМ і СРЧМ в цілому є квартал, то виробничі потужності і ефективність роботи різнотипних СРК доцільно оцінювати за даний період.

На основі аналізу квартальної електронної звітності було виявлено, що в різних РП РЧМ кількість змін використання СРК для виконання одних і тих же завдань може істотно відрізнятися. Це обумовлено різною кількістю зареєстрованих РЕЗ в регіонах і різною комплектацією парку СРК в РП РЧМ. Тому, незважаючи на однакову продуктивність, виробничі потужності та ефективність роботи СРК будуть різними від регіону до регіону.

Для прикладу наведемо оцінку ефективності використання та роботи всього парку СРК Харківської РП РЧМ по виконанню всіх задач+радіомоніторингу в першому кварталі 2012 року. У табл.3.5 наведені звітні дані змінності роботи СРК по кожній задачі і за весь період.

Таблиця 3.3 - Результати хронометрування продуктивних і непродуктивних витрат часу по першій задачі за робочу зміну

	Типи СРК	РМ-172 РМ-2500Р АИК-С АИК-СП (АИК-СП6)	UMS-100	РМ-1300 XX РМ-1300-2Р3 РМ-1300-Р3/5 РМ-1300-Р3/5М		Romes-3NG НаглядА6	«Anritsu» «ADVANTEST»	ССТК	
	Класи радіотехнологій	j=1	j=1	j=1	j=2	j=3	j=4	j=1	j=4
Продуктивні витратичасу	$\Delta T_{k1j1}^{рк}$, хв.	25	60	10	12	33	33	22	22
	$\Delta T_{k1j1}^{фп}$, хв.	5	10	4	4	27	27	15	15
	$\Delta T_{k1j1}^{по}$, хв.	5	10	10	10	10	10	10	10
	Усього, $\Delta T_{k1z1}^{пр}$	40	80	24	26	63	63	47	47
Непродуктивні витратичасу	$\Delta T^{пз}$, хв.	40	40	60	60	40	40	45	45
	$\Delta T^{кф}$, хв.	10	10	10	10	10	10	10	10
	$\Delta T^{рух}$, хв.	0	0	45	45	40	40	45	45
	$\Delta T^{ре}$, хв.	0	0	0	10	10	10	30	30
	$\Delta T^{оо}$, хв..	10	10	15	15	15	15	15	15
	Всего $\Delta T_{kzj}^{непр}$	60	60	130	130	115	115	145	145

Таблиця 3.4 - Результати розрахунку реальної і потенційної продуктивностей СРК по задачах за робочу зміну

	Типы СРК	РМ-172 РМ-2500Р АИК-С АИК-СП (АИК-СП6)	UMS-100	РМ-1300 XX РМ-1300-2Р3 РМ-1300-Р3/5 РМ-1300-Р3/5М		Romes-3NG НаглядА6	«Anritsu» «ADVANTEST»	ССТК	
	Классы радиотехнологий	j=1	j=1	j=1	j=2	j=3	j=4	j=1	j=4
z=1	$П_{k1j}^{р}$	12	5	15	13	6	4	6	7
	$П_{k1j}^{п}$	14	6	20	18	8	6	8	10
z=2	$П_{k2j}^{р}$	12	6	34	8	5	5	8	4
	$П_{k2j}^{п}$	14	8	39	10	7	7	10	6

Таблиця 3.5 - Змінність роботи СРК в Харківській РП РЧМ в першому кварталі 2012 року

Задачі РЧМ	Порядковий номер СРК													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Z=1	24	21	24	24	10	45	45	42	48	42	42	42	42	42
Z=2	24	21	24	24	10	9	6	6	9	8	8	6	9	6
Z=3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Z=4	3	3	3	3	0	3	3	3	0	3	3	3	3	3
Усього	54	48	54	54	20	60	57	54	60	56	56	54	57	54

З огляду на директивний час роботи за квартал $зт^{пл.к} = 63$ робочих зміни за виразом (3.28) і даними табл. 3.4 нескладно оцінити показники ефективності використання СРК за вказаний період. За даними продуктивності СРК (табл. 3.4) і змінності роботи СРК за квартал (табл. 3.5) на підставі виразів (3.26), (3.27) можуть бути оцінені відповідно виробнича потужність і ефективність роботи кожного типу СРК за квартал.

У табл. 3.6 представлені результати оцінювання ефективності роботи і використання парку СРК Харківської РП РЧМ з радіомоніторингу випромінювань РЕЗ 23 радіотехнологій в розглянутому кварталі.

Таблиця 3.6 - Ефективності роботи і ефективності використання СРК в Харківській РП РЧМ

№ з/п	Показники СРК	π_k^p за квартал (шт)	π_k^n за квартал (шт)	$E_{kzj}^{пл.к}$	$E_k^{вик}$
		Z=4	Z=4	Z=4	Z=4
1	РМ-172	594	677	0.86	0.86
2	РМ-2500Р	605	720	0.84	0.76
3	АИК-С	696	790	0.83	0.86
4	АИК-СП (СП6)	696	790	0.83	0.86
5	UMS-100	120	280	0.87	0.42
6	РМ-1300 XX	1657	2184	0.76	0.95
7	РМ-1300-2Р3	1578	1940	0.77	0.91
8	РМ-1300-Р3/5	1494	1836	0.76	0.76
9	РМ-1300-Р3/5М	1957	2115	0.92	0.95
10	Romes-3NG	608	780	0.77	0.89
11	Нагляд А6	608	780	0.77	0.89
12	«Anritsu»	490	606	0.80	0.86
13	«Advantes»	515	650	0.79	0.91
14	ССТК	618	745	0.82	0.86

Отримані результати свідчать про досить високу ефективність роботи і використання всіх СРК за винятком СРК UMS-100, низькі показники якого обумовлені малою зоною ЕМД через низьку чутливість.

Аналогічне поквартальне оцінювання ефективності роботи і використання СРК за 2011-2013 роки було проведено для всіх на той період часу 26 РП РЧМ національної СРЧМ загальних користувачів РЧМ.

3.1.8 Порядок оцінювання загальної техніко-виробничої ефективності ведення радіомоніторингу

На основі результатів ведення радіомоніторингу СРК проводиться оцінювання інтегральних показників ефективності контролю стану використання радіочастотного ресурсу в РП РЧМ [1-3]. У якості інтегральних показників ефективності функціонування РП РЧМ першої філії ДП «УДЦР» з контролю стану використання РЧР приймаються показники

$$W_{z\,l} = w_{z\,Sl} \cdot w_{z\,Fl} \cdot w_{z\,Tl}\,, \tag{3.32}$$

а) для стаціонарної складової РП РЧМ першої філії ДП «УДЦР»

$$W_{z\,ст\,l} = w_{z\,ст\,\cdot Sl} w_{z\,ст\,\cdot Fl} w_{z\,ст\,Tl}\,; \tag{3.33}$$

б) для мобільної складової РП РЧМ першої філії ДП «УДЦР»

$$W_{z\,моб\,l} = w_{z\,моб\,Sl} \cdot w_{z\,моб\,Fl} \cdot w_{z\,моб\,Tl}\,. \tag{3.34}$$

Вони дозволяють провести оцінювання ефективності вирішення z-ої задачі РП РЧМ першою філією ДП «УДЦР» в цілому і її стаціонарною та мобільною складовими.

Далі оцінюються показники W_l, $W_{ст\,l}$, $W_{моб\,l}$ що характеризують ефективність контролю стану використання регіонального РЧР в першій РП РЧМ, її стаціонарною та мобільною складовими. Оцінювання даних показників здійснюється з урахуванням важливості (W_l, $W_{ст\,l}$, $W_{моб\,l}$) завдань:

$$W_l = \sum_{z=1}^{Z}(p_z \cdot W_{z\,l}),\ W_{ст\,l} = \sum_{z=1}^{Z}(p_z \cdot W_{z\,ст\,l}),\ W_{моб\,l} = \sum_{z=1}^{Z}(p_z \cdot W_{z\,моб\,l}). \qquad (3.35)$$

У якості інтегральних показників оцінювання ефективності функціонування національних СРЧМ приймаються показники $W_{СРЧМ\,z}$, $W_{СРЧМ\,z\,ст}$, $W_{СРЧМ\,z\,моб}$, які відображають ефективність роботи національної СРЧМ при вирішенні z-ої задачі в цілому по всій системі і для її мобільної та стаціонарної складових:

$$W_{СРЧМ\,z} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{l=1}^{L} W_{z\,l}\ , W_{СРЧМ\,z\,ст} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{l=1}^{L} W_{z\,ст\,l}\ , W_{СРЧМ\,z\,моб} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{l=1}^{L} W_{z\,ст\,l}\ . \qquad (3.36)$$

Оцінювання ефективності контролю стану використання радіочастотного ресурсу національною СРЧМ в цілому по всій сукупності задач РЧМ, а також її стаціонарної та мобільної складових проводиться за допомогою показників

$$W_{СРЧМ} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{l=1}^{L} W_l\ , W_{СРЧМ\,ст} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{l=1}^{L} W_{ст\,l}\ , W_{СРЧМ\,моб} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{l=1}^{L} W_{моб\,l}\ . \qquad (3.37)$$

За допомогою запропонованого методичного апарату [1-3] можуть бути також розраховані виробничі показники ефективності функціонування РП РЧМ і СРЧМ в цілому.

3.2 Розробка алгоритмічного забезпечення оцінювання просторово-частотно-часової ефективності ведення радіомоніторингу

3.2.1 Узагальнений алгоритм розрахунку ефективності ведення радіомоніторингу

Для реалізації описаної методики були розроблені програмне забезпечення та бази даних, які забезпечують автоматизацію вирішення наступних основних задач: розрахунок часткових і інтегральних техніко-виробничих показників ефективності функціонування СРК, РП РЧМ і СРЧМ за задачами РЧМ в цілому; оцінку і прогнозування показників ефективності функціонування СРЧМ УДЦР та РП РЧМ на майбутні періоди; супровід баз даних, що містять вихідні дані і результати розрахунків (додавання, видалення і редагування відповідних даних); відображення результатів розрахунків в табличній і графічній формах.

Узагальнена структурна схема реалізації оцінювання ефективності функціонування СРЧМ представлений на рис. 3.1.

Вона включає в себе кілька основних послідовних етапів:

- обґрунтування переліку техніко-виробничих показників оцінки ефективності функціонування СРЧМ і РП РЧМ, типів і кількості СРК, що входять до їх складу, типів і кількості РЕЗ, контрольованих в просторово-частотно-часовійобласті;

- розробка програмно-алгоритмічного забезпечення для розрахунку запропонованих техніко-виробничих показників;

- розробка програмно-алгоритмічного забезпечення для прогнозування значень показників ефективності на заданий період часу;

- аналіз отриманих результатів.

- розробка рекомендацій щодо вдосконалення системи.

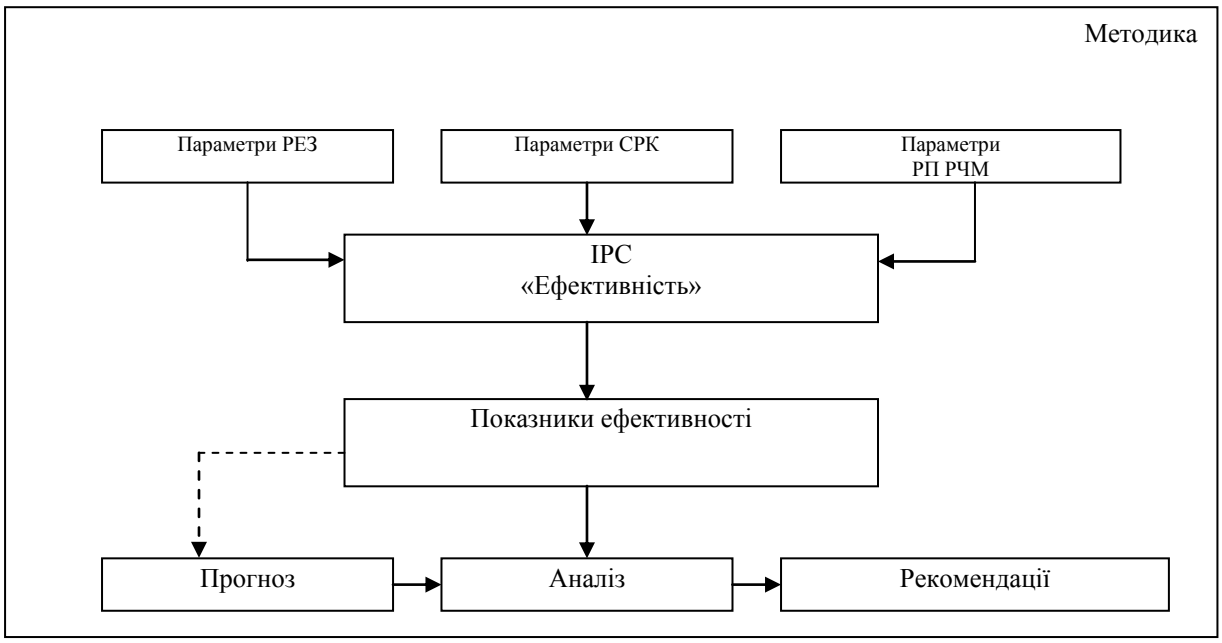


Рисунок 3.1 - Узагальнена структурна схема оцінювання ефективності функціонування СРЧМ

Мета функціонування СРЧМ досягається шляхом рішення чотирьох основних задач радіомоніторингу (рис.2.1).

Розроблений алгоритм оцінювання ефективності функціонування СРЧМ представлений на рис. 3.2. Він враховує як статичну, так і динамічну інформацію. До статистичної інформації належать:

- параметри РЕЗ кожної радіотехнології (діапазон робочих частот, приналежність до певної групи);

- параметри стаціонарних і мобільних СРК (діапазон частот контролю, продуктивність по контролю РЕЗ та смуг частот);

- параметри кожної РП РЧМ (площа і кількість населення).

До динамічної інформації, яка може змінюватися за звітний період в кожній РП РЧМ УДЦР, відносяться наступні дані:

- кількість зареєстрованих РЕЗ кожної радіотехнології, які знаходяться в зоні ЕМД і поза зоною ЕМД;

- кількість виділених смуг частот для кожної радіотехнології, що підлягають контролю в зоні ЕМД та поза зоною ЕМД;

- кількість СРК кожного типу;

- час (кількість змін) роботи СРК по виконанню кожного завдання радіомоніторингу;

- параметри РП РЧМ філії (площа і чисельність населення, контрольованих стаціонарними і мобільними СРК);

- параметри позапланових завдань (кількість проконтрольованих смуг частот, заявлених радіоперешкод, виявлених НДП і ДРЗ).

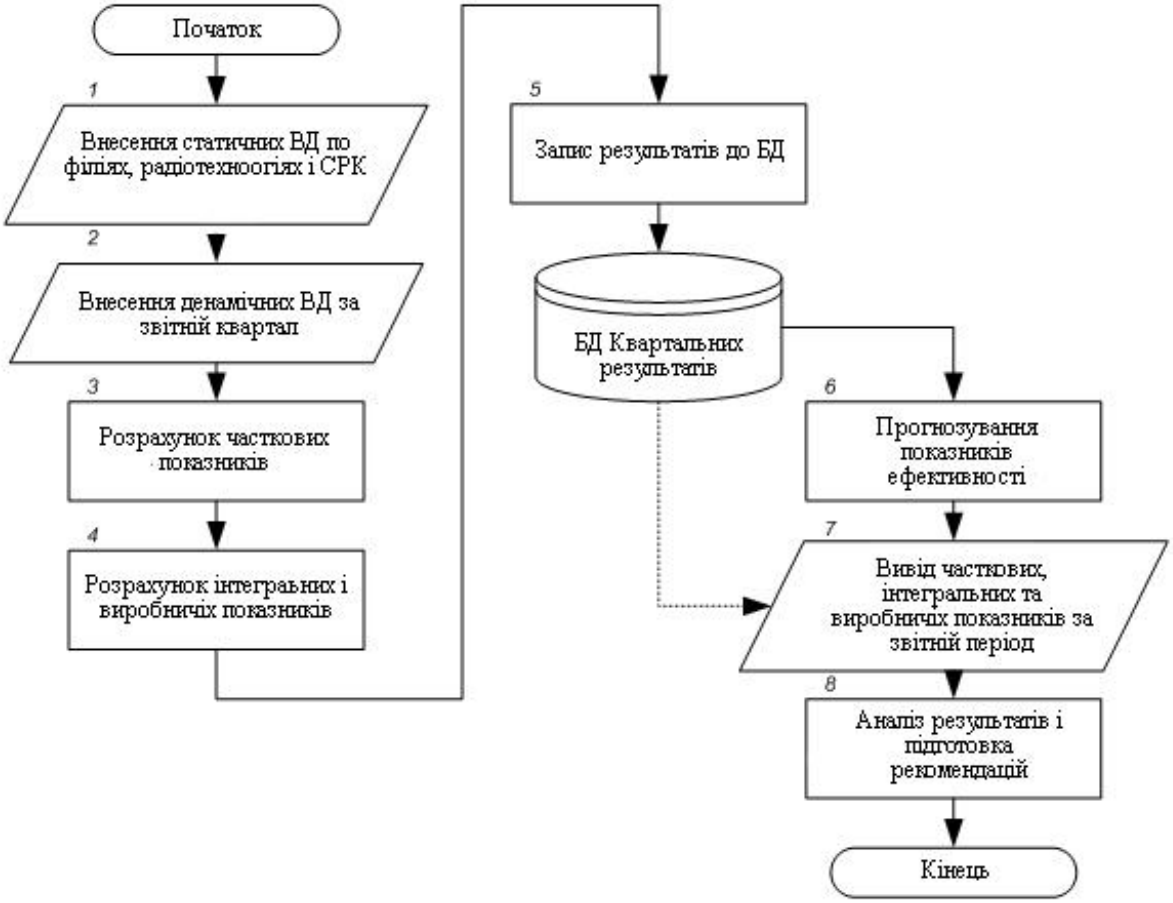


Рисунок 3.2 - Алгоритм оцінювання ефективності функціонування СРЧМ

Ці вхідні дані використовуються для розрахунку окремих показників ефективності вирішення кожної задачі в просторі, частотному діапазоні і в часовій області для кожної РП РЧМ за звітний період, для стаціонарної і мобільної складових і СРЧМ взагалі, наведених в табл. 3.1. Ці окремі показники дозволяють обчислити інтегральні техніко-виробничі і виробничі

показники ефективності кожної РП РЧМ і СРЧМ в цілому. Крім того, значення цих показників можливо спрогнозувати на заданий період часу.

Для практичної реалізації пропонованого алгоритму була розроблена ІРС «Ефективність». Вона дозволяє оперативно і якісно вирішувати задачі оцінювання ефективності функціонування СРЧМ України в автоматизованому режимі.

3.2.2 Обгрунтування структури і складу бази даних для розрахунку ефективності роботи

База даних "Ефективність" працює під управлінням сучасної об'єктно-орієнтованої реляційної СУБД PostgreSQL і містить вихідні дані про РЕЗ, СРК, РП РЧМ, динамічну інформацію про результати РК по кожній РП РЧМ в звітному кварталі, а також результати розрахунків показників ефективності РЧМ за всі звітні квартали. Структурна схема розробленої бази даних наведена рис 3.3 і містить наступні взаємопов'язані таблиці:

- **rez** (параметри РЕЗ кожної радіотехнології);
- **srm** (параметри стаціонарних та мобільних СРК);
- **prod1** (продуктивність СРК по контролю РЕЗ);
- **prod2** (продуктивність СРК по контролю смуг частот);
- **filials** (загальні параметри філій);
- **kv_rez** (за квартал: кількість зареєстрованих РЕЗ та виділених смуг частот кожної технології у зоні ЕМД та поза зоною ЕМД);
- **kv_srm** (за квартал: кількість СРК кожного типу);
- **kv_time** (за квартал: час роботи СРК по вирішенню кожної задачі);
- **kv_ohvat** (за квартал: ступінь охвату філії контролем);
- **kv_ppz** (за квартал: параметри позапланових задач);
- **results** (результати розрахунків часткових показників);
- **pokaz** (результати розрахунків інтегральних та виробничих показників).

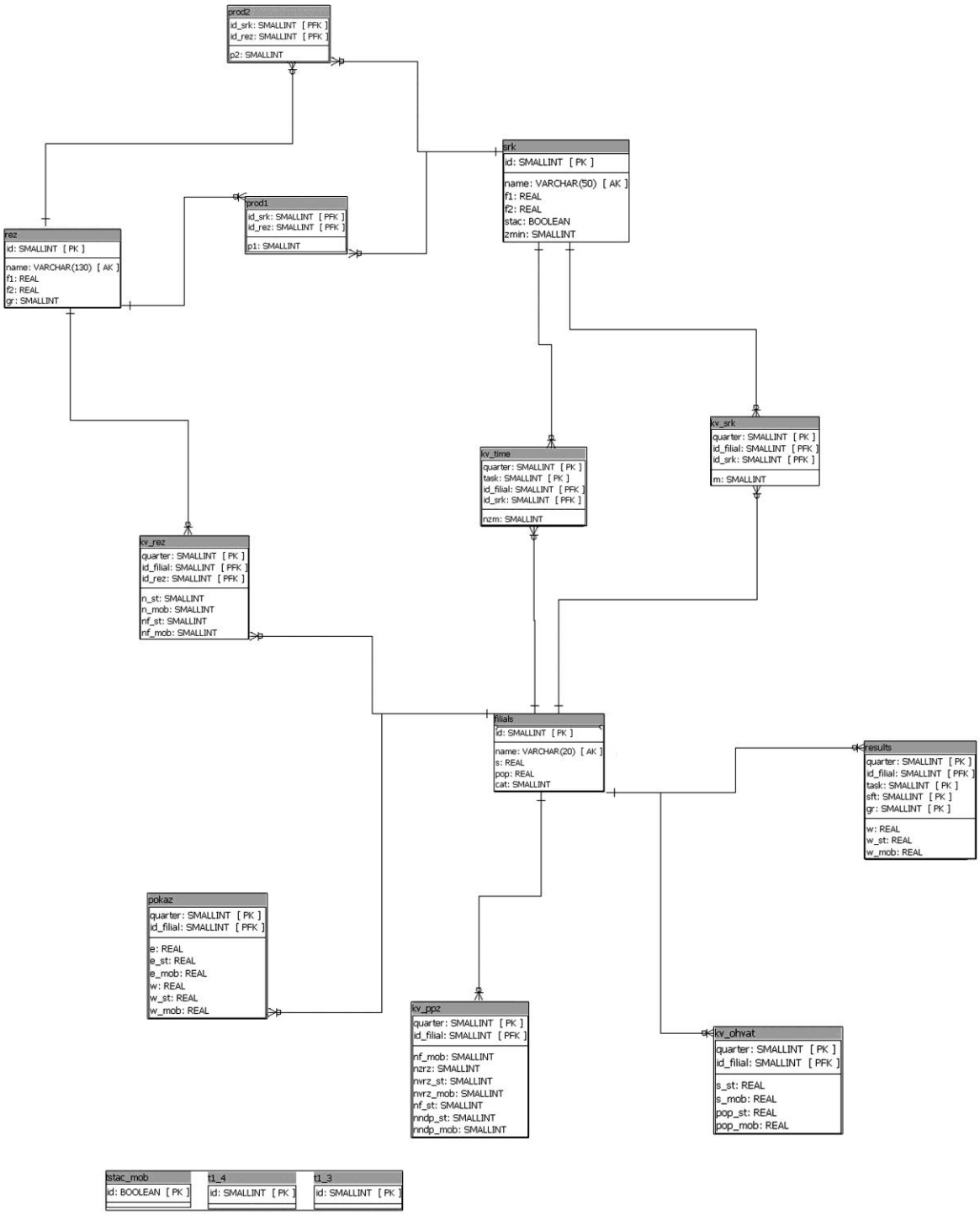


Рисунок 3.3 - Концептуальна схема баз даних ІРС "Ефективність"

Докладні і уточнені структури цих таблиць з описом усіх полів наведені в таблицях 3.6 - 3.17.

Таблиця 3.6 - Структура таблиці **rez**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
id	Номер технології	smallint	1..23
name	Назва технології	varchar(130)	unique
f1	Нижня робоча частота, МГц	real	> 0
f2	Верхня робоча частота, МГц	real	> f1
gr	Група технологій	smallint	1..4

Таблиця3.7 - Структура таблиці **srm**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
id	Номер типу СРК	smallint	1..14
name	Назва типу СРК	varchar(20)	unique
f1	Нижня частота контролю, МГц	real	> 0
f2	Верхня частота контролю, МГц	real	> f1
zmin	Змінність роботи	smallint	1..3
stac	Стаціонарний?	boolean	't' - так, 'f' ні

Таблиця3.8- Структура таблиці **prod1**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
id_srm	Номер типу СРК	smallint	$\in$ {srm.id}
id_rez	Номер технології	smallint	$\in$ {rez.id}
p1	Продуктивність по контролю РЕЗ	smallint	≥ 0

Таблиця 3.9 – Структура таблиці **prod2**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
id_srm	Номер типу СРК	smallint	$\in$ {srm.id}
id_rez	Номер технології	smallint	$\in$ {rez.id}
p2	Продуктивність по контролю смуг частот	smallint	≥ 0

Таблиця3.10 - Структура таблиці **filials**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
id	Номер філіалу	smallint	1..26
name	Назва філіалу	varchar(20)	unique
s	Загальна площа, тис. км^2	real	> 0
pop	Загальна кількість населення, тис.	real	> 0

Таблиця3.11- Структура таблиці **kv_rez**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
quarter	Номер кварталу	smallint	≥ 1
id_filial	Номер філіалу	smallint	$\in$ {filials.id}
id_rez	Номер технології	smallint	$\in$ {rez.id}

n_st	Кількість РЕЗ у зоні ЕМД	smallint	≥ 0
n_mob	Кількість РЕЗ поза зоною ЕМД	smallint	≥ 0
nf_st	Кількість смуг частот у зоні ЕМД	smallint	≥ 0
nf_mob	Кількість смуг частот поза зоною ЕМД	smallint	≥ 0

Таблиця3.12 - Структура таблиці **kv_srm**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
quarter	Номер кварталу	smallint	≥ 1
id_filial	Номер філіалу	smallint	∈ {filials.id}
id_srm	Номер типу СРК	smallint	∈ {srm.id}
m	Кількість СРК	smallint	≥ 0

Таблиця 3.13- Структура таблиці **kv_time**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
quarter	Номер кварталу	smallint	≥ 1
task	Номер задачі	smallint	1..4
id_filial	Номер філіалу	smallint	∈ {filials.id}
id_srm	Номер типу СРК	smallint	∈ {srm.id}
nzm	Кількість змін	smallint	0..63

Таблиця3.14- Структура таблиці **kv_ohvat**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
quarter	Номер кварталу	smallint	≥ 1
id_filial	Номер філіалу	smallint	∈ {filials.id}
s_st	Площа, що контролюється стаціонарними СРК, тис. км^2	real	≥ 0
s_mob	Площа, що контролюється мобільними СРК, тис. км^2	real	≥ 0
pop_st	Кількість населення, що контролюється стаціонарними СРК, тис.	real	≥ 0
pop_mob	Кількість населення, що контролюється мобільними СРК, тис.	real	≥ 0

Таблиця3.15- Структура таблиці **kv_ppz**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
quarter	Номер кварталу	smallint	≥ 1
id_filial	Номер філіалу	smallint	∈ {filials.id}
nf_st	Кількість позапланових смуг частот у зоні ЕМД	smallint	≥ 0
nf_mob	Кількість позапланових смуг частот поза зоною ЕМД	smallint	≥ 0
nndp_st	Кількість виявлених НДП у зоні ЕМД	smallint	≥ 0
nndp_mob	Кількість виявлених НДП поза зоною ЕМД	smallint	≥ 0
nzrz	Кількість заявлених радіозавад	smallint	≥ 0
nvrz_st	Кількість виявлених радіозавад у зоні ЕМД	smallint	≥ 0
nvrz_mob	Кількість виявлених радіозавад поза зоною ЕМД	smallint	≥ 0

Таблиця3.16- Структура таблиці **results**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
quarter	Номер кварталу	smallint	≥ 1
id_filial	Номер філіалу	smallint	∈ {filials.id}
task	Номер задачі	smallint	1..4
sft	Компонента SFT-області	smallint	0-S ,1-F, 2-T
gr	Група технологій	smallint	0..4
w	Частковий показник (загальний)	real	
w_st	Частковий показник (стаціонарна складова)	real	
w_mob	Частковий показник (мобільна складова)	real	

Таблиця3.17- Структура таблиці **pokaz**

Поле	Призначення	Тип даних	Обмеження
quarter	Номер кварталу	smallint	≥ 1
id_filial	Номер філіалу	smallint	∈ {filials.id}
e	Виробничій показник (загальний)	real	
e_st	Виробничій показник (стаціонарна складова)	real	
e_mob	Виробничій показник (мобільна складова)	real	
w	Інтегральний показник (загальний)	real	
w_st	Інтегральний показник (стаціонарна складова)	real	
w_mob	Інтегральний показник (мобільна складова)	real	

У ІРС «Ефективність», є редактор БД, який забезпечує її супровід (додавання, редагування та видалення записів, тобто наповнення БД актуальною інформацією за минулі та майбутні квартали).

3.3 Висновки по розділу 3

3.1. Розроблено систему часткових показників оцінювання ефективності охоплення радіомоніторингом радіовипромінювань РЕЗ по території ***S***, частоті ***F*** і часу ***T*** стаціонарною та мобільною складовими і РП РЧМ в цілому при вирішенні основних задач. Розроблено методику та отримані аналітичні вирази для розрахунку окремих показників ефективності при вирішенні кожної задачі, які враховують реальні дані з технічної оснащеності РП РЧМ, характеристики радіотехнологій, що підлягають радіомоніторингу, площу і

чисельність населення контрольованих регіонів. Методика і система часткових показників дозволяють, **на відміну від відомих**, оцінити не тільки виробничу, але й техніко-виробничу ефективність СРЧМ.

3.2. Розроблена вдосконалена методика оцінювання техніко-виробничої ефективності різнотипних СРК при комплексному вирішенні основних задач радіомоніторингу існуючих класів радіотехнологій. **На відміну від відомих,** дана методика забезпечує оцінювання продуктивності, виробничої потужності, ефективності роботи і використання кожної СРК по кожній задачі і класу радіотехнологій, що в підсумку дозволяє оптимізувати кількісно-якісний склад парку СРК в РП РЧМ і підвищити ефективність планування і ведення процесу радіомоніторингу.

3.3. Методика містить систему і порядок розрахунку узагальнених техніко-виробничих показників ефективності ведення радіомоніторингу РП РЧМ і СРЧМ в цілому. Вони дозволяють провести оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу СРЧМ в просторово-частотно-часовій області з урахуванням специфіки функціонування всіх рівнів системи. Детальний аналіз різних рівнів системи відображає внесок кожної із складових у сумарну ефективність ведення радіомоніторингу РП РЧМ і СРЧМ в цілому. Методика дозволяє визначити кількісну надмірність або недостатність СРК стосовно до всієї системи, її регіональних підсистем і їх стаціонарної та мобільної складових. Аналіз отриманих результатів дозволяє виявити проблемні моменти в кожному з регіонів, зокрема щодо використання СРК і виділеного їм ресурсу робочого часу при вирішенні основних задач РЧМ.

3.4. Розроблено алгоритмічне забезпечення для автоматизації процедури розрахунку інтегральних техніко-виробничих і часткових виробничих показників ефективності ведення радіочастотного моніторингу СРК, РП РЧМ і СРЧМ в цілому, їх стаціонарною та мобільною складовими за заданий період часу і прогнозування їх на майбутні періоди. Представлена розроблена БД, яка дозволить реалізувати запропоновані методи розрахунку при оцінюванні ефективності функціонування РП РЧМ і СРЧМ в цілому.

3.5. Дана методика може застосовуватися для оцінювання ефективності функціонування будь-якої з національних СРЧМ, створених за регіонально-об'єктового принципом, з мінімальною адаптацією до специфіки функціонування конкретної СРЧМ. Вона також може бути застосована для оцінювання ефективності роботи і використання СРК радіочастотними органами спеціального призначення з урахуванням специфічних особливостей їх роботи.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ПІДСИСТЕМ РАДІОЧАСТОТНОГО МОНІТОРИНГУ

Розрахунок показників ефективності функціонування СРЧМ УДЦР здійснювався відповідно до розробленої методики розрахунку виробничих і інтегральних показників СРЧМ УДЦР та її РП РЧМ (розділи 2,3) на основі даних, наданих філіями УДЦР про результати їх роботи за 2010-2011 роки та перші два кварталу 2012 року.

Розрахунок виробничих та інтегральних показників ефективності функціонування СРЧМ УДЦР, її стаціонарної та мобільної підсистем, а також виробничих і інтегральних показників ефективності функціонування РП РЧМ УДЦР та їх стаціонарних і мобільних компонент здійснювався на ПЕОМ з використанням розробленого спеціалізованого програмного забезпечення (розділ 3) за кожен квартал окремо з подальшим об'єднанням отриманих результатів в загальний масив даних.

Результати розрахунку показників ефективності функціонування СРЧМ УДЦР, її стаціонарного та мобільного складових, а також виробничих і інтегральних показників ефективності функціонування РП РЧМ і їх стаціонарних і мобільних складових наведено нижче. Розгорнутий аналіз наведених в додатках результатів розглянуто в підрозділах 4.1-4.2.

4.1 Структура програмного комплексу для автоматизованого розрахунку ефективності

Загальна структурна схема ІРС «Ефективність», розробленої для автоматизованого розрахунку показників ефективності функціонування СРЧМ, представлена на рис. 4.1.

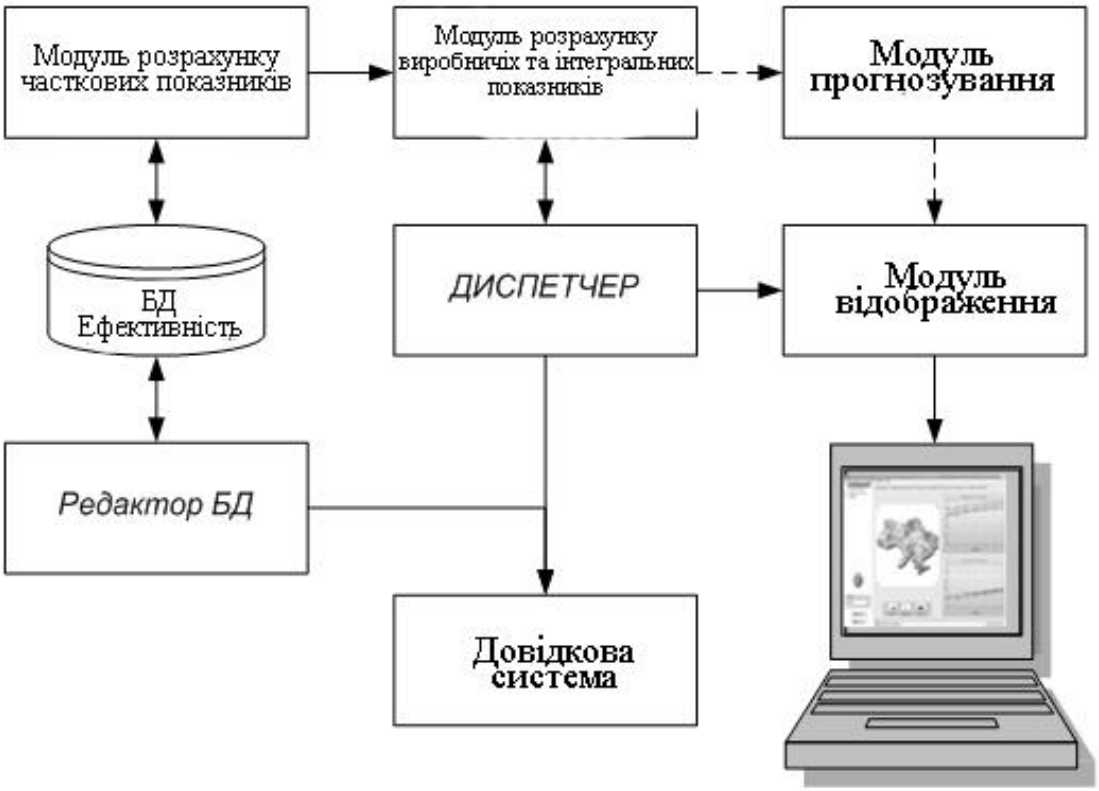


Рисунок 4.1 - Загальна структурна схема ІРС «Ефективність»

Розглянемо докладно призначення функціональних блоків системи.

1. Модуль розрахунку окремих показників, призначений для обчислення значень часткових показників на основі відповідних вихідних даних.

2. Модуль розрахунку виробничих і інтегральних показників дозволяє обчислити відповідні показники в кожній філії та СРЧМ в цілому за звітний квартал.

3. Модуль прогнозування дозволяє оцінити значення показників ефективності на заданий інтервал часу з використанням обраної моделі регресії.

4. Довідкова система містить повну інструкцію по роботі з ІРС у всіх режимах її роботи.

5. Диспетчер забезпечує синхронізацію основних модулів ІРС і бази даних і дозволяє підтримувати оптимальний (беззавадовий) режим їх взаємодії.

Більш докладно розглянемо модулі відображення і БД ІРС. З їх допомогою відбувається взаємодія користувача (оператора) і відповідного програмного забезпечення на робочому місці.

Всі сторінки робочого інтерфейсу виконують функцію відображення розрахунків ефективності функціонування СРЧМ (крім сторінки «Головна») на основі перегляду і детального аналізу розрахованих показників ефективності. Головне вікно програми наведено на рис. 4.2.

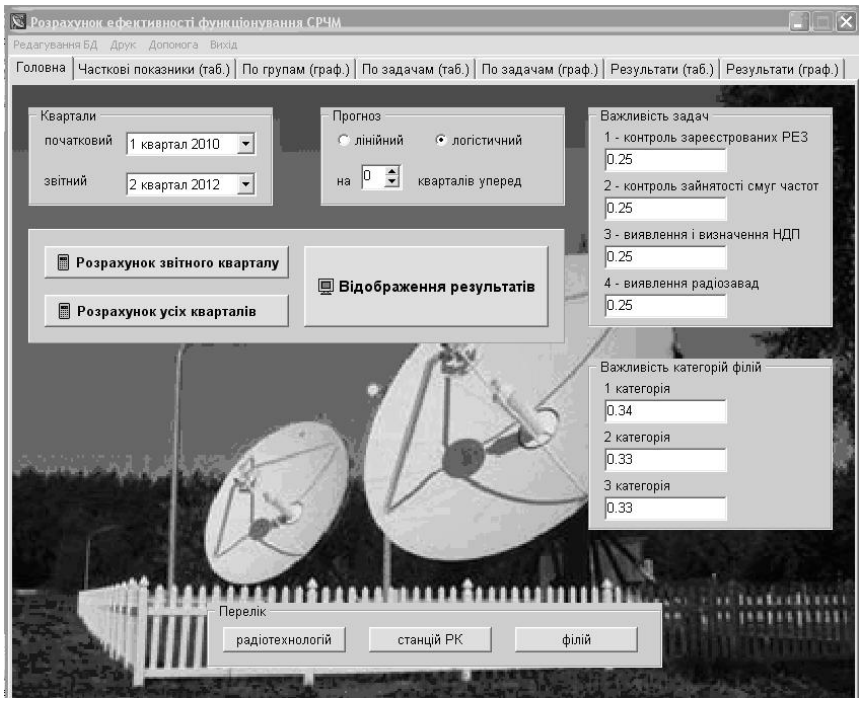


Рисунок 4.2 - Головне вікно програми

<u>Призначення основних елементів головної сторінки</u>:

- «Квартали» - дозволяє задавати початковий і звітний (останній) квартали;

- «Прогноз» - дозволяє задавати параметри прогнозу: модель (лінійна $y = ax + b$ або логістична сигмоїдальна) і інтервал (від 0 до 8 кварталів);

- «Важливість завдань» - дозволяє задавати важливість (вагу) кожної з чотирьох основних задач радіомоніторингу;

- «Важливість категорій філій» - дозволяє задавати важливість (вагу) кожної з трьох категорій РП РЧМ (філій) УДЦР;

- «Розрахунок звітного кварталу» - здійснює розрахунок часткових, виробничих і інтегральних показників за звітний квартал;

- «Розрахунок всіх кварталів» - здійснює перерахунок показників з початкового кварталу по звітний квартал;

- «Відображення результатів» виводить результати розрахунків в табличному і графічному вигляді з першого до звітного кварталів, а також результати прогнозування;

- «Перелік» - виводить типи радіотехнологій, СРК і назви РП РЧМ з фіксованими номерами (рис. 4.3).

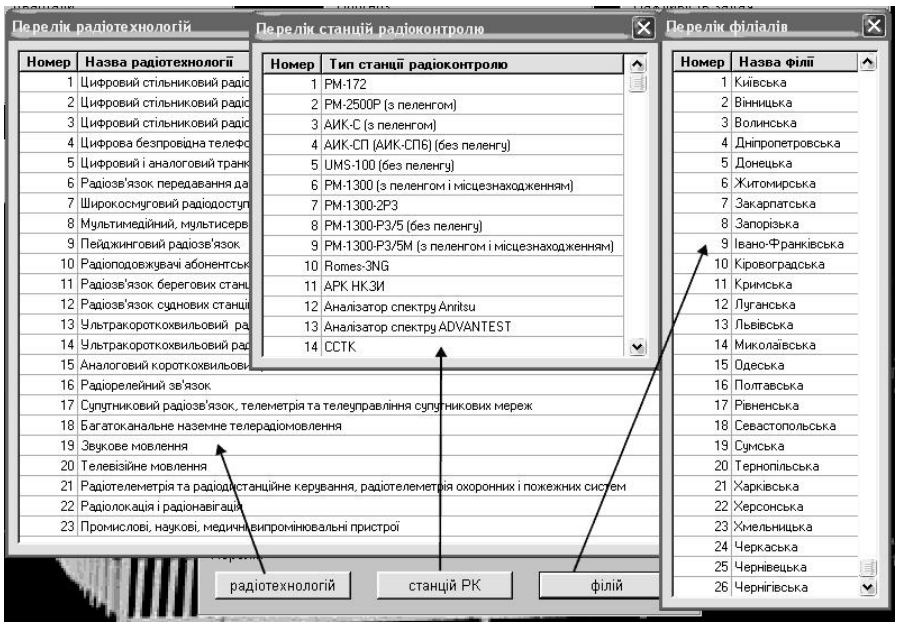
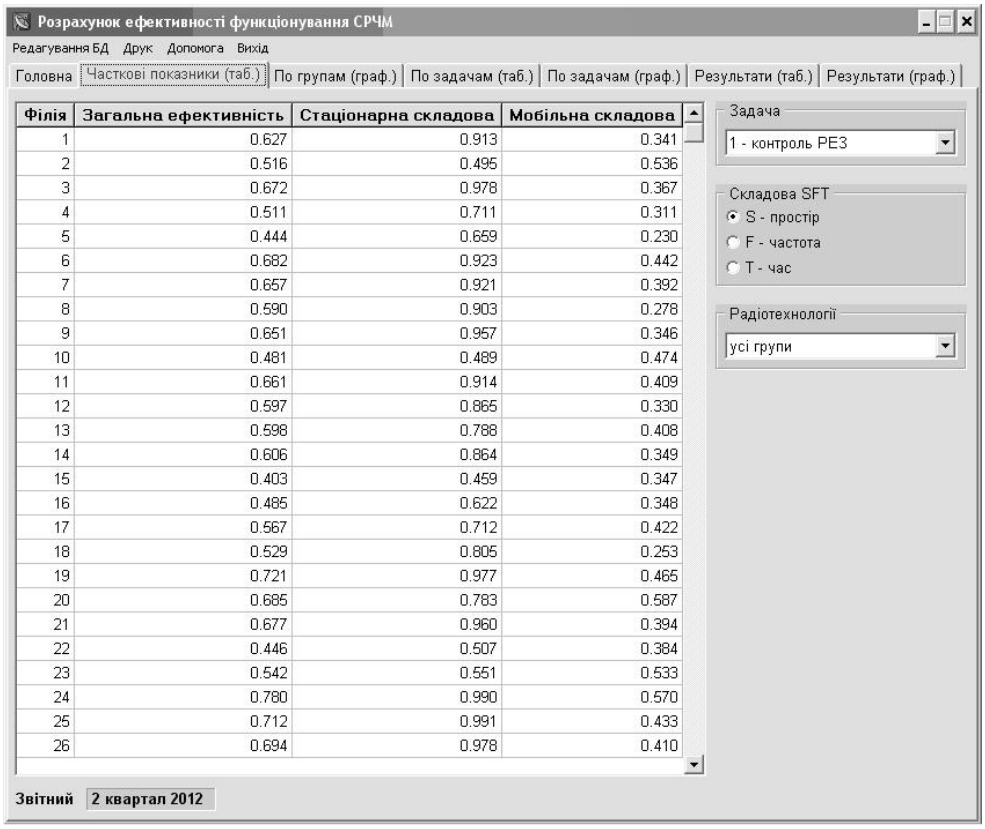


Рисунок 4.3- Перелік довідкової інформації

<u>Візуалізація результатів роботи ІРС.</u>

Отримані результати розрахунку і прогнозування показників ефективності в табличному і графічному вигляді відображаються на дисплеї за допомогою розробленого інтерфейсу.

Вкладка «Часткові показники (таб.)» (рис 4.4) дозволяє здійснити детальний аналіз показників ефективності функціонування СРЧМ по кожній задачі в просторово-частотно-часовій області, для кожної групи радіотехнологій, для стаціонарної, мобільної і загальної складових СРЧМ за звітний квартал.



Філія	Загальна ефективність	Стаціонарна складова	Мобільна складова
1	0.627	0.913	0.341
2	0.516	0.495	0.536
3	0.672	0.978	0.367
4	0.511	0.711	0.311
5	0.444	0.659	0.230
6	0.682	0.923	0.442
7	0.657	0.921	0.392
8	0.590	0.903	0.278
9	0.651	0.957	0.346
10	0.481	0.489	0.474
11	0.661	0.914	0.409
12	0.597	0.865	0.330
13	0.598	0.788	0.408
14	0.606	0.864	0.349
15	0.403	0.459	0.347
16	0.485	0.622	0.348
17	0.567	0.712	0.422
18	0.529	0.805	0.253
19	0.721	0.977	0.465
20	0.685	0.783	0.587
21	0.677	0.960	0.394
22	0.446	0.507	0.384
23	0.542	0.551	0.533
24	0.780	0.990	0.570
25	0.712	0.991	0.433
26	0.694	0.978	0.410

Рисунок4.4 - Результати розрахунку часткових показників ефективності

Вкладка «По групах (граф.)» (рис. 4.5) показує динаміку змін окремих показників вирішення першої та другої задач мобільною складовою СРЧМ по РЕЗ кожної групи радіотехнологій за всі звітні квартали.

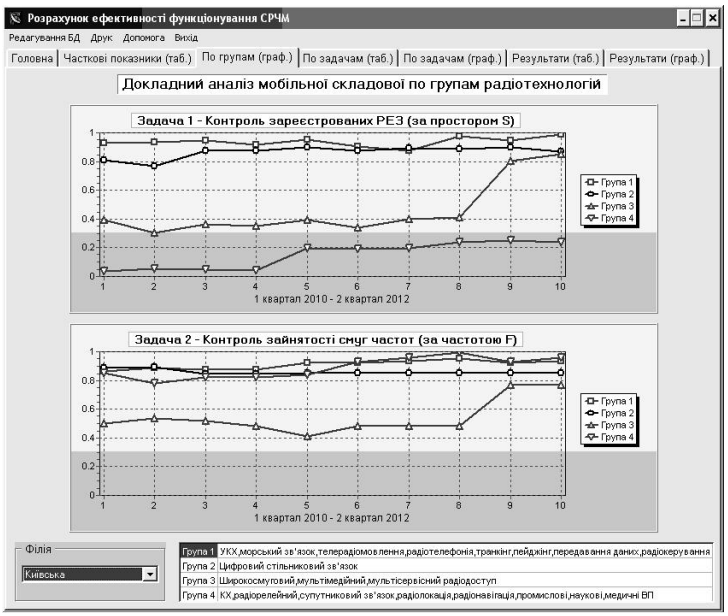
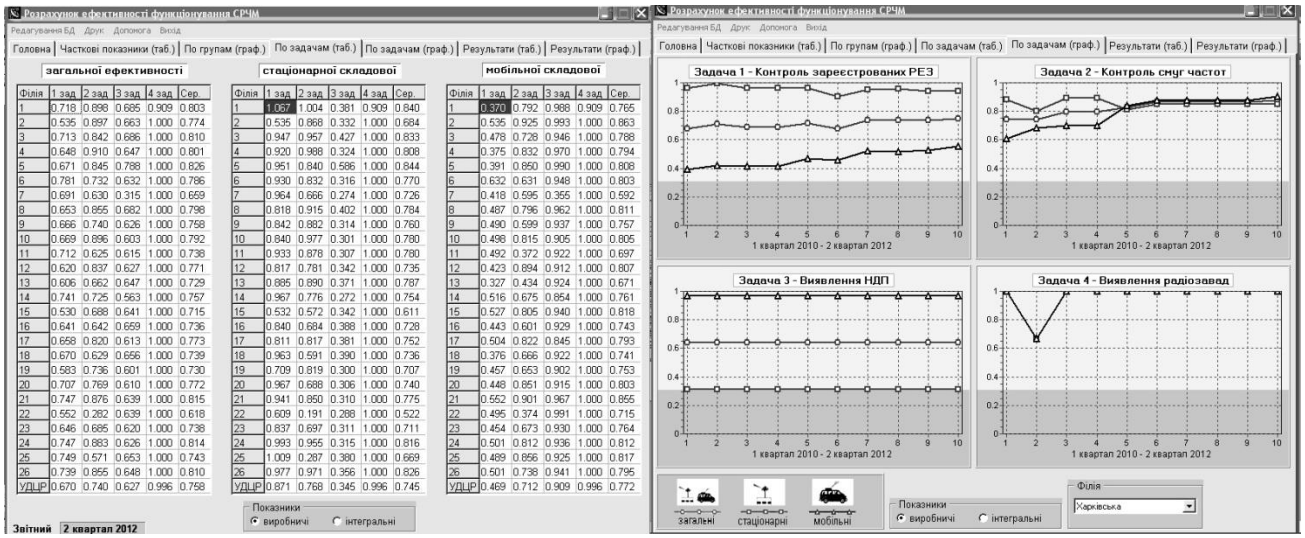


Рисунок4.5 - Докладний аналіз мобільної складової



а) б)

Рисунок 4.6 - Подання розрахунків за задачамив табличній (а) і графічній (б) формах

Вкладка «Результати» також розділена на два підрозділи. Результати розрахунків узагальнених виробничих і інтегральних показників за всі квартали представлені в табличній і графічній формахна рис. 4.7.

Вихідні дані для проведення розрахунків вводяться за допомогою редактора БД. БД ІРС управляється сучасною об'єктно-реляційною СУБД PostgreSQL і дозволяє проводити автоматизований розрахунок всіх показників

ефективності функціонування СРЧМ за кожну РП РЧМ в звітному кварталі, а також забезпечує зберігання результатів розрахунків показників ефективності за всі звітні квартали.

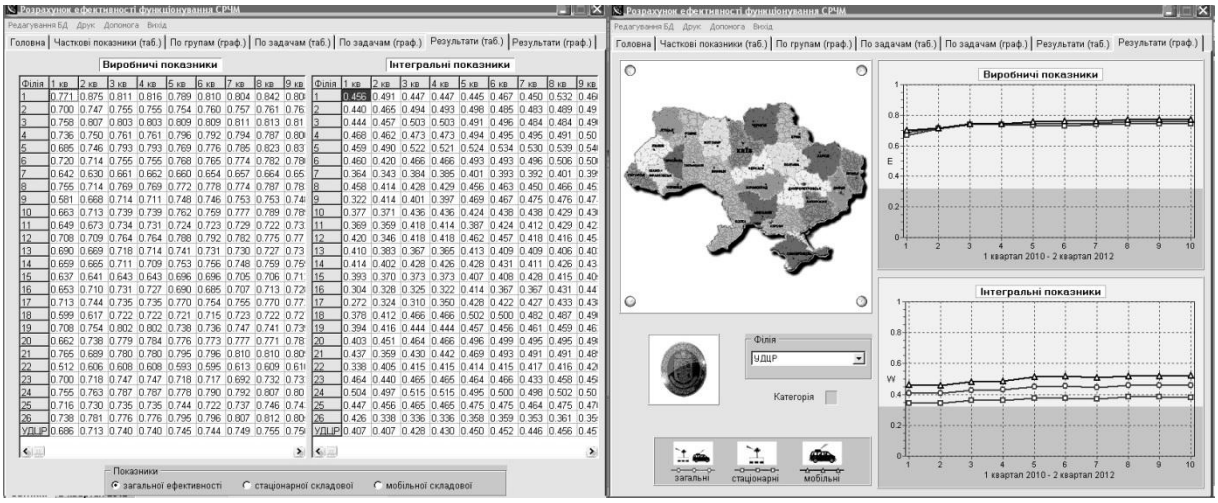


Рисунок4.7 - Результати оцінювання ефективності функціонування національної СРЧМ

Головне меню редактора БД в лівій частині вікна реалізовано у вигляді дерева (рис. 4.8).

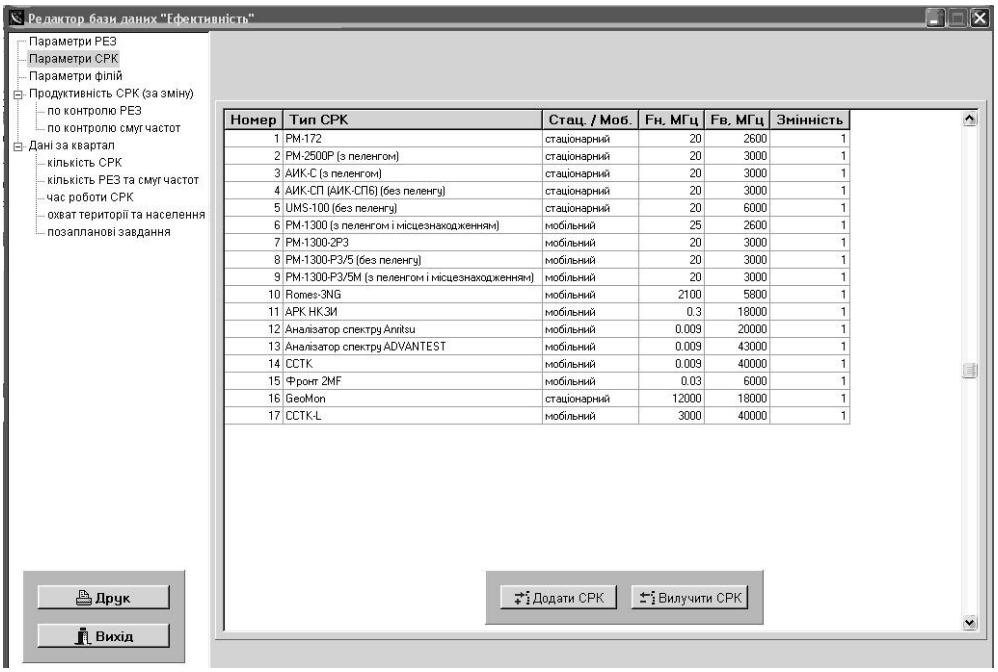


Рисунок 4.8 - Інтерфейс редактора БД ІРС

Для редагування даних по радіотехнолгіям, параметрам РЕЗ, СРК і РП РЧМ в редакторі передбачені відповідні підрозділи. Додатково редактор оснащений можливістю додавання нового типу СРК. Це дозволяє проводити експерименти по дослідженню впливу на ефективність СРЧМ обладнання іноземного виробництва без його придбання, за умови, що відомі його технічні характеристики.

Зручність і підвищення оперативності роботи забезпечується можливістю копіювання інформації з попереднього кварталу в поточний і внесенням лише змін, що відбулися в динамічної інформації, Дія цієї операції поширюється тільки на таблицю, яка обрана в даний момент.

4.2 Оцінка ефективності функціонування по вирішенню основних задач радіочастотного моніторингу

4.2.1 Розрахунок показників ефективності функціонування при вирішенні задачі контролю параметрів випромінювання РЕЗ

Результати оцінювання показників ефективності функціонування РП РЧМ УДЦР показали, що при рішенні задачі контролю параметрів випромінювання РЕЗ усі РП РЧМ, за винятком Сумської, за 2010-2012 роки забезпечили зростання показника охоплення території, на якій розташовані РЕЗ, що підлягають контролю. При цьому найбільш високі результати мали Київська, Волинська, Житомирська, Миколаївська, Тернопільська, Черкаська, Чернігівська та Чернівецька РП РЧМ, які за 2010-2012 роки забезпечили охоплення понад 70% території, на якій розташовані РЕЗ, параметри випромінювання яких підлягають контролю.

Найменше значення даного показника при вирішенні задачі контролю параметрів випромінювання РЕЗ мали Вінницька і Одеська РП РЧМ, в яких цей показник за указаний період зріс з 0,51 до 0,535 і з 0,4 до 0,52 відповідно. За цей же період істотно підвищився даний показник в Донецькій (з 0,44 до

0,7), Дніпропетровській (з 0,51 до 0,665), Кіровоградській (з 0,48 до 0,67), Миколаївській (з 0,61 до 0,76) і в Полтавській (з 0,49 до 0,64) РП РЧМ. Решта РП РЧМ мали значення показника охоплення території, що підлягає контролю, в діапазоні від 0,6 до 0,7.

Проведені розрахунки показали, що основний внесок у рішення задачі контролю параметрів випромінювання РЕЗ здійснюють стаціонарні складові РП РЧМ. Найбільшу ефективність в цьому плані за указаний період, показали стаціонарні складові РП РЧМ Київської, Волинської, Дніпропетровської, Донецької, Житомирської, Кримської, Львівської, Миколаївської, Тернопільської, Харківської, Черкаської, Чернігівської та Чернівецької областей, в територіальній зоні яких охоплюються контролем параметри випромінювання більш 90% РЕЗ. Найменші значення даного показника при рішенні задачі контролю параметрів випромінювання РЕЗ малистаціонарні складові РП РЧМ Вінницької (0,554), Одеської (0,54) і Херсонської (0,58) областей. Стаціонарні складові РП РЧМ інших областей мализначення даного показника в діапазоні 0,8-0,9, тобто забезпечували охоплення контролем параметрів випромінювання від 80% до 90% РЕЗ.

Розрахунки показують, що мобільні складові всіх РП РЧМ УДЦР при контролі параметрів випромінювання РЕЗ не забезпечують охоплення всіх РЕЗ, що підлягають контролю. Більше 50% РЕЗ на кінець указаного періоду контролювалися мобільними складовими РП РЧМ Київської (0,56), Вінницької (0,543), Житомирської (0,626), Миколаївської (0,521), Рівненської (0,5), Тернопільської (0,551), Харківської (0,527), Херсонської (0,532) і Чернівецької (0,518) РП РЧМ. Найменші значення даного показника мали мобільні складові РП РЧМ Дніпропетровської (0,376), Донецької (0,386) і Львівської (0,331) областей. Мобільні складові РП РЧМ інших областей забезпечували охоплення від 40% до 50% РЕЗ, що підлягали контролю.

Ефективність мобільних складових РП РЧМ УДЦР при контролі параметрів випромінювання РЕЗ істотно залежить від того, до якої групи радіотехнологій належать РЕЗ, що підлягають контролю. З отриманих

результатів розрахунків випливає, що при контролі параметрів випромінювання РЕЗ, віднесених до першої групи радіотехнологій, мобільні складові РП РЧМ Київської, Вінницької, Волинської, Житомирської, Запорізької областей забезпечують виконання поставлених завдань повною мірою від 97 до 100%.

Найменше значення коефіцієнта даного показника мала Севастопольська РП РЧМ, яка забезпечувала охоплення зони контролю мобільними СРК приблизно 29% РЕЗ, що відносяться до першої групи технологій. Донецька, Хмельницька та Івано-Франківська РП РЧМ мали значення даного показника в діапазоні від 50 до 60%. За вказаний період істотний приріст ефективності контролю параметрів випромінювання РЕЗ, віднесених до першої групи радіотехнологій, забезпечили мобільні складові РП РЧМ Житомирської (на 32% в першому кварталі 2011 року), Миколаївській (на 23% в першому кварталі 2011 року), Кримської (на 20 % у другому кварталі 2010 року) і Херсонської (на 34% в першому кварталі 2011 року) РП РЧМ за рахунок їх технічного дооснащення. При цьому в РП РЧМ Хмельницької філії за вказаний період було зниження ефективності мобільної складовоїпо контролю РЕЗ даної групи технологій приблизно на 40%.

При контролі параметрів випромінювання РЕЗ, віднесених до другої групи радіотехнологій, мобільні складові РП РЧМ Житомирської, Запорізької, Севастопольської та Харківської областей забезпечували охоплення зони контролю мобільними СРК більше 90% РЕЗ даної групи. Найменше значення даного показника мала Львівська РП РЧМ, яка забезпечувала охоплення зони контролю мобільними СРК приблизно 46% РЕЗ, що належать до другої групи радіотехнологій. РП РЧМ Донецької та Дніпропетровської областей мали значення даного показника в діапазоні від 50 до 60%, а решта РП РЧМ - в діапазоні від 70 до 80%.

У першому кварталі 2011 року підвищили ефективність контролю параметрів РЕЗ, віднесених до другої групи радіотехнологій, мобільні складові Луганської (на 22%), Миколаївської (на 34%), Одеської (на 18%),

Рівненської (на 24%) і Севастопольської (приблизно на 30%) РП РЧМ за рахунок їх технічного дооснащення. При цьому мобільна складова РП РЧМ Хмельницької області в першому кварталі 2011 року показала зниження ефективності (приблизно на 25%) з контролю РЕЗ другої групи радіотехнологій в зв'язку зі списанням СРК типу РМ -1300.

У другому кварталі 2012 року найбільшу ефективність при контролі параметрів випромінювання РЕЗ, віднесених до третьої групи радіотехнологій, показали мобільні складові Київської, Вінницької, Закарпатської, Кримської, Львівської, Одеської, Сумської, Харківської та Хмельницької РП РЧМ УДЦР, які забезпечували охоплення зони контролю мобільними СРК більше 90% території, на якій розташовані РЕЗ даної групи.

В значній мірі таких результатів вдалося досягти завдяки технічному дооснащення РП РЧМ, а саме: введенням в першому кварталі 2012 року нового типу СРК «Фронт 2MF». Ефективність моніторингу в частині цієї групи в Київській РП РЧМ зросла на 30%. Та ж тенденція простежується і в інших РП РЧМ, де був введений «Фронт 2MF», а саме: Вінницькій, Донецькій, Запорізькій, Кримській, Луганській і Одеській філіях. Введення нового типу СРК дозволило вирішити проблеми контролю РЕЗ та смуг частот третьої групи радіотехнологій в зазначених РП РЧМ і значно підвищити ефективність роботи СРЧМ УДЦР в цілому при вирішенні першої та другої задач. Найменше значення даного показника ефективності мала мобільна складова Івано-Франківської РП РЧМ, яка забезпечувала охоплення зони контролю мобільними СРК приблизно на 47% РЕЗ, що належать до третьої групи радіотехнологій. Мобільні складові Волинської, Житомирської, Луганської та Рівненської РП РЧМ мали значення даного показника в діапазоні від 60 до 70%, а решта РП РЧМ - в діапазоні від 70 до 80%.

Мобільні складові РП РЧМ практично всіх філій УДЦР мали низькі показники охоплення зони контролю РЕЗ, які віднесені до четвертої групи радіотехнологій. Найбільше значення цього показника відноситься до мобільної складової Київської РП РЧМ, яка забезпечує контроль параметрів

випромінювання приблизно 24% РЕЗ даної групи. Мобільні складові Житомирської, Закарпатської, Івано-Франківської, Кіровоградської, Рівненської, Севастопольської, Сумської, Тернопільської, Хмельницької, Черкаської та Чернігівської РП РЧМ забезпечували охоплення зони контролю мобільними СРК від 10 до 15% РЕЗ даної групи радіотехнологій. Інші РП РЧМ показують ефективність контролю параметрів РЕЗ, віднесених до четвертої групи радіотехнологій на рівні від 5 до 7%.

З аналізу отриманих результатів простежується загальна закономірність в частині мобільної складової. Низький показник мобільної складової за всіма РП РЧМ УДЦР обумовлений дуже низьким показником ефективності радіомоніторингу четвертої групи радіотехнологій, до якої відносяться радіорелейні системи зв'язку. Велика кількість РЕЗ даної групи радіотехнологій істотно впливає на результати розрахунків, а мала частина проконтрольованих джерел випромінювання значно знижує загальну ефективність. Введення системи контролю типу GeoMon в Київській РП РЧМ дозволило частково вирішити цю проблему, на 20% збільшивши ефективність радіомоніторингу цієї групи радіотехнологій.

4.2.2 Розрахунок показників ефективності функціонування при вирішенні задачі контролю смуг частот

Мобільні складові Київської, Вінницької, Донецької, Кіровоградської, Луганської, Тернопільської, Харківської та Чернівецької РП РЧМ УДЦР у другому кварталі 2012 року охопили контролем більше 90% смуг частот, віднесених до РЕЗ першої групи радіотехнологій. Низькі значення цього показника в другому кварталі 2012 року мали мобільні складові Кримської (приблизно 40%), Львівської (43%) і Херсонської (46%) РП РЧМ. Мобільні складові Житомирської, Закарпатської, Івано-Франківської, Полтавської, Сумської та Хмельницької РП РЧМ мали цей показник в діапазоні від 60-70%, а мобільні складові інших РП РЧМ - в діапазоні 70-80%.

Результати розрахунку показника ефективності функціонування мобільних підсистем РП РЧМ філій УДЦР з контролю смуг частот, віднесених до РЕЗ стільникового зв'язку (друга група радіотехнологій), показують, що мобільні складові Вінницької, Запорізької, Івано-Франківської, Рівненської, Севастопольської, Тернопільської та Чернівецької РП РЧМ у другому кварталі 2012 року охопили контролем більше 90% смуг частот, віднесених до РЕЗ другої групи радіотехнологій. Низькі значення цього показника в другому кварталі 2012 року мали мобільні складові Кримської (приблизно 30%), Львівської (33%) і Херсонської (18%) РП РЧМ . При цьому зниження ефективності мобільної підсистеми Херсонської РП РЧМ (приблизно на 44%) відбулося в першому кварталі 2011 року в зв'язку з виключенням з її складу окремих СРК. Мобільні складові Дніпропетровської, Миколаївської, Сумської та Черкаської РП РЧМ УДЦР мали цей показник в діапазоні від 70-80%, а мобільні складові Київської, Волинської, Донецької, Кіровоградської, Луганської, Одеської, Харківської та Чернігівської РП РЧМ - в діапазоні 80-90%. За аналізований період, істотно підвищили ефективність контролю смуг частот, віднесених до РЕЗ другої групи радіотехнологій, мобільні складові Дніпропетровської (на 26%), Івано-Франківської (приблизно на 10%), Кіровоградської (приблизно на 13%), Луганської (на 23%) , Миколаївської (на 22%), Одеської (приблизно на 20%), Рівненської (на 30%) і Севастопольської (приблизно 14%) РП РЧМ УДЦР.

Результати розрахунку показника ефективності мобільних складових РП РЧМ з контролю смуг частот, віднесених до РЕЗ широкосмугового, мультимедійного і мультисервисного доступу (третя група радіотехнологій), свідчать про те, щотільки мобільні складові РП РЧМ Донецької та Львівської РП РЧМ у другому кварталі 2012 року забезпечили контроль понад 90% смуг частот, віднесених до третьої групи технологій. Найменше значення цього показника (приблизно 21%) має мобільна складова Миколаївської РП РЧМ, яка в першому кварталі 2011 року знизила ефективність контролю смуг частот даної групи технологій на 22%. Мобільні складові Вінницької, Івано-

Франківської, Кіровоградської, Кримської, Луганської, Рівненської, Сумської, Тернопільської і Чернівецької РП РЧМ УДЦР у другому кварталі 2012 року забезпечили контроль від 32 до 39% смуг частот, віднесених до третьої групи радіотехнологій. Мобільні складові Житомирської та Полтавської РП РЧМ забезпечували контроль 40-50% смуг частот, які підлягають контролю. Мобільні складові Дніпропетровської, Закарпатської, Запорізької та Полтавської РП РЧМ УДЦР мають значення цього показника в діапазоні 60-70%, а решта - в діапазоні 70-90%. За вказаний період істотно підвищили ефективність контролю смуг частот, віднесених до РЕЗ третьої групи радіотехнологій, мобільні складові Київської (приблизно на 29%), Вінницької (приблизно на 30%), Запорізької (на 15%), Львівської (на 15%) , Одеської (на 30%), Севастопольської (приблизно на 30%), Харківської (на 43%) РП РЧМ УДЦР.

Показники ефективності мобільних складових РП РЧМ національної СРЧМ з контролю смуг частот, що відносяться до четвертої групи радіотехнологій, в 2010 -2012 роках показують, що в другому кварталі 2012 року тільки мобільна складова Київської РП РЧМ забезпечила контроль понад 96% смуг частот, віднесених до зазначеної групи . Мобільні складові РП РЧМ ще трьох філій (Дніпропетровської, Донецької та Полтавської) забезпечили контроль приблизно 66-67% смуг частот даної групи. Найнижчі результати (від 10 до 20%) з контролю смуг частот, віднесених до четвертої групи радіотехнологій, мають мобільні складові Івано-Франківської, Рівненської, Севастопольської, Тернопільської та Чернівецької РП РЧМ. Інші мобільні складові мають значення цього показника в діапазоні від 40 до 50%. За визначений період, істотно підвищили ефективність контролю смуг частот, віднесених до РЕЗ четвертої групи радіотехнологій, мобільні складові Дніпропетровської, Закарпатської, Запорізької, Львівської та Херсонської РП РЧМ національної СРЧМ.

4.2.3 Розрахунок показників ефективності при вирішенні задачі виявлення незаконно діючих передавачів і джерел радіозавад

В ході виконання розрахункових завдань були отримані результати оцінки показників ефективності функціонування РП РЧМ національної СРЧМ, їх стаціонарних і мобільних складових при вирішенні задачі виявлення незаконно діючих передавачів.

Показник ефективності виявлення НДП у другому кварталі 2012 року для всіх РП РЧМ знаходиться в межах 0,6-0,7 за винятком Закарпатскої, для якої цей показник становить 0,315. Таке значення цього показника обумовлено низькою ефективністю виконання задачі виявлення НДП стаціонарними складовими РП РЧМ, що є природним для даного регіону за рахунок рельєфу. У другому кварталі 2012 року цей показник для стаціонарних складових РП РЧМ в більшості областей України знаходиться в діапазоні 0,3-0,4.

Основний внесок у вирішення задачі виявлення НДП здійснювали мобільні складові РП РЧМ. У другому кварталі 2012 року показник ефективності виявлення НДП для мобільних складових РП РЧМ практично всієї національної СРЧМ становив понад 0,9 за винятком мобільної складової Закарпатської РП РЧМ, для якої цей показник рівнявся 0,355.

Аналіз результатів розрахунку показників ефективності функціонування РП РЧМ національної СРЧМ УДЦР, їх стаціонарних і мобільних складових при вирішенні задачі виявлення радіозавад РЕЗ показує, що всі РП РЧМ, а також їх стаціонарні та мобільні складові забезпечують задовільне виконання даного завдання.

4.3 Розрахунок виробничих та інтегральних показників ефективності функціонування системи радіочастотного моніторингу

Проведені розрахунки показують, що узагальнені виробничі показники ефективності вирішення задач РЧМ для більшості РП РЧМ в другому кварталі 2012 року знаходились в межах від 0,7 до 0,8. При цьому найменше значення виробничого показника мала Закарпатська РП РЧМ (0,66), а виробничі показники Київської, Дніпропетровської, Донецької, Харківської та Чернігівської РП РЧМ перевищують значення 0,8.

Узагальнені виробничі показники стаціонарних складових більшості РП РЧМ знаходились в діапазоні 0,7-0,8. При цьому найменше значення виробничого показника в другому кварталі 2012 року мала стаціонарна складова Херсонської РП РЧМ (0,52). Виробничі показники стаціонарних складових Одеської, Вінницької та Чернівецької РП РЧМ знаходяться в межах 0,6-0,7, а виробничі показники стаціонарних складових Київської, Волинської, Дніпропетровської, Донецької, Черкаської та Чернігівської РП РЧМ перевищували значення 0,8.

Узагальнені виробничі показники мобільних складових більшості РП РЧМ національної СРЧМ також знаходились в діапазоні 0,7-0,8. При цьому найменше значення виробничого показника (0,59) у другому кварталі 2012 року мала мобільна складова Закарпатської РП РЧМ. Виробничі показники мобільних складових Київської, Волинської, Донецької, Житомирської, Запорізької, Кіровоградської, Луганської, Одеської, Тернопільської, Харківської, Черкаської та Чернігівської РП РЧМ перевищували значення 0,8.

Аналіз результатів розрахунків узагальнених інтегральних (з урахуванням просторово-частотно-часового охоплення) показників ефективності функціонування РП РЧМ національної СРЧМ і їх стаціонарних і мобільних складових в 2010-2012 показав, що інтегральні показники ефективності функціонування для більшості РП РЧМ національної СРЧМ в другому кварталі 2012 року знаходились в межах від 0,4 до 0,5. При цьому

найменше значення інтегрального показника мали Закарпатська (0,39) і Чернігівська (0,35) РП РЧМ, а інтегральні показники Дніпропетровської, Донецької, Житомирської, Харківської та Черкаської РП РЧМ перевищували значення 0,5.

Інтегральні показники ефективності функціонування стаціонарних складових більшості РП РЧМ знаходились в межах 0,3-0,4 (таблиця 4.25). При цьому найменше значення інтегрального показника (0,23) у другому кварталі 2012 року мала стаціонарна складова Чернігівської РП РЧМ, а найбільше - стаціонарна складова Донецької РП РЧМ (0,52).

Інтегральні показники мобільних складових в більшості РП РЧМ національної СРЧМ знаходяться в діапазоні 0,5-0,6. При цьому найменше значення інтегрального показника (0,41) у другому кварталі 2012 року мала мобільна складова Закарпатської РП РЧМ, а найбільше - мобільна складова Харківської РП РЧМ (0,61).

Узагальнені виробничі та інтегральні показники ефективності роботи всієї СРЧМ УДЦР наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Виробничі та інтегральні показники оцінювання ефективності функціонування національної СРЧМ в 2010 -2012 роках

Ефективність		2010 рік				2011 рік				2012 рік	
		1кв.	2кв.	3кв.	4кв.	1кв.	2кв.	3 кв.	4кв.	1кв.	2кв.
УДЦР загальна	виробничі	0,69	0,71	0,74	0,74	0,75	0,74	0,75	0,76	0,76	0,76
	інтегральні	0,41	0,41	0,43	0,43	0,45	0,45	0,44	0,46	0,46	0,46
УДЦР мобільна складова	виробничі	0,70	0,72	0,74	0,74	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77	0,78
	інтегральні	0,46	0,46	0,48	0,49	0,52	0,52	0,51	0,52	0,52	0,53
УДЦР стаціонарна складова	виробничі	0,67	0,71	0,75	0,74	0,73	0,73	0,74	0,74	0,74	0,74
	інтегральні	0,34	0,34	0,36	0,36	0,37	0,38	0,37	0,38	0,38	0,38

Порівняння результатів розрахунку виробничих показників першого кварталу 2010 року і другого кварталу 2012 року показує, що зростання ефективності функціонування за звітний період становить понад 7%.

Виробничі показники мобільної складової виросли на 7,3%, а стаціонарної - на 7,4%. Інтегральні показники в цілому за УДЦР виросли на 4,9%. Ефективність мобільного складової зросла на 6,2%, стаціонарної - на 3,8%.

Результати прогнозу за всю СРЧМ загальних користувачів свідчили про те, що в 2013 році ефективність виконання завдань радіомоніторингу буде стабільно зростати. Це обумовлено тим, що в більшості філій простежується тенденція зростання ефективності при вирішенні функціональних задач за весь розрахунковий період. Так, в третьому і четвертому кварталах 2012 року і в 2013 році було спрогнозовано зростання ефективності функціонування Київської, Дніпропетровської, Донецької, Житомирської, Закарпатської, Івано-Франківської, Кіровоградської, Луганської, Миколаївської, Одеської, Севастопольської, Тернопільської, Харківської, Херсонської та Чернігівської філій УДЦР . При цьому ефект зростання мав місце як по стаціонарній, так і по мобільнійскладових зазначених філій.

Ефективність функціонування Вінницької, Закарпатської, Кримської, Львівської, Рівненської, Черкаської та Чернівецької філій в прогнозний період буде залишатися низькою по більшій кількості показників.У Полтавській і Хмельницькій філіях в прогнозний період слід очікувати зниження ефективності функціонування мобільних підсистем, що обумовлено постійним зниженням ефективності мобільних складових зазначених філій в минулі роки. Результати прогнозу ефективності функціонування РП РЧМ Сумської філії свідчать про незначне але постійне зниження результатів радіомоніторингу, що обумовлено постійним зростанням кількості РЕЗ всіх радіотехнологій в регіоні.

Таким чином, розрахунки виробничих і інтегральних показників свідчить про досить високу ефективність рішення задач філіями УДЦР.

Динаміка показників ефективності функціонування РП РЧМ філій УДЦР та їх стаціонарних і мобільних підсистем протягом десяти кварталів 2010-2012 років обумовлена змінами числа РЕЗ, що підлягають контролю, а також змінами в складі засобів радіомоніторингу, а саме: введенням нових і

вилученням старих СРК. Так, наприклад, введення в Київській філії в першому кварталі 2012 року нового СРК «Фронт» дозволило на 30% підвищити ефективність контролю РЕЗ, віднесених до третьої групи радіотехнологій. Введення СРК РМ-1300-Р3/5М дозволило на 80% підвищити ефективність мобільної підсистеми Волинської філії СРЧМ з контролю РЕЗ, віднесених до другої групи радіотехнологій. Виключення зі складу Донецької філії комплексу моніторингу РЕЗ першої групи радіотехнологій привело до зниження показника ефективності на 20%. Аналогічні ситуації протягом аналізованого періоду мали місце в Дніпропетровській, Житомирській, Закарпатській, Запорізькій, Івано-Франківській, Кіровоградській, Кримській, Луганській, Львівській, Миколаївській, Одеській, Полтавській, Рівненській, Севастопольській, Сумській, Харківській, Херсонській та Хмельницькій філіях УДЦР.

У процесі аналізу отриманих результатів було виявлено ряд філій, які при існуючому парку мобільних і стаціонарних СРК навіть при максимальному завантаженні робочих змін не здатні вирішувати задачі радіомоніторингу на рівні інших філій. Причини пов'язані з недостатністю різних типів СРК в даних філіях.До цих філій відносяться Вінницька, Донецька, Одеська, Херсонська. Крім цього, розрахунки показали, що на прогнозований до кінця 2013 року період необхідно посилення існуючого парку СРК РП РЧМ Полтавської, Сумської та Хмельницької філій.

Докладний аналіз функціонування мобільної складової стосовно вирішення перших двох задач радіомоніторингу дозволив найбільш докладно виявити вплив додавання вже існуючих типів СРК, введення нових типів або списання старих комплексів в кожнійфілії.

На показники ефективності функціонування мобільних компонентів РП РЧМ філій УДЦР істотний вплив здійснює низька ефективність моніторингу РЕЗ і смуг частот, віднесених до четвертої групи рідіотехнологій. Введення в дію нового СРК типу GeoMon в Київській філії СРЧМ дозволило частково

вирішити цю проблему і підвищити на 20% ефективність моніторингу РЕЗ цієї групи радіотехнологій.

4.4 Реорганізація структури національної системи радіочастотного моніторингу

У зв'язку з подіями 2014 року в автономній республіці Крим, початком антитерористичної операції (АТО) і в подальшому операції об'єднаних сил (ООС) на сході України, процес вирішення задач РЧМ в цих регіонах був зупинений, а більшість СРК евакуйовано в Київську РП РЧМ (центральну) для подальшого перерозподілу по філіях. Внаслідок цього, формально, національна СРЧМ позбулася чотирьох РП РЧМ і зменшення їх кількості з 26 до 22. В цьому ж році на державному рівні булоприйнято рішення про проведення щорічного міжнародного аудиту фінансової діяльності підприємства відомими аудиторськими компаніями «великої четвірки».

Внаслідок вище наведених факторів у середині 2014 рокубуло введено нову організаційну структуру, яка орієнтована на вдосконалення виробничих процесів, оптимальне поєднання централізації керівництва та самоврядування на місцях і кардинально відрізнялась від раніше існуючої. На рис. 4.9 приведена оновлена узагальнена структурна схема ДП «УДЦР».

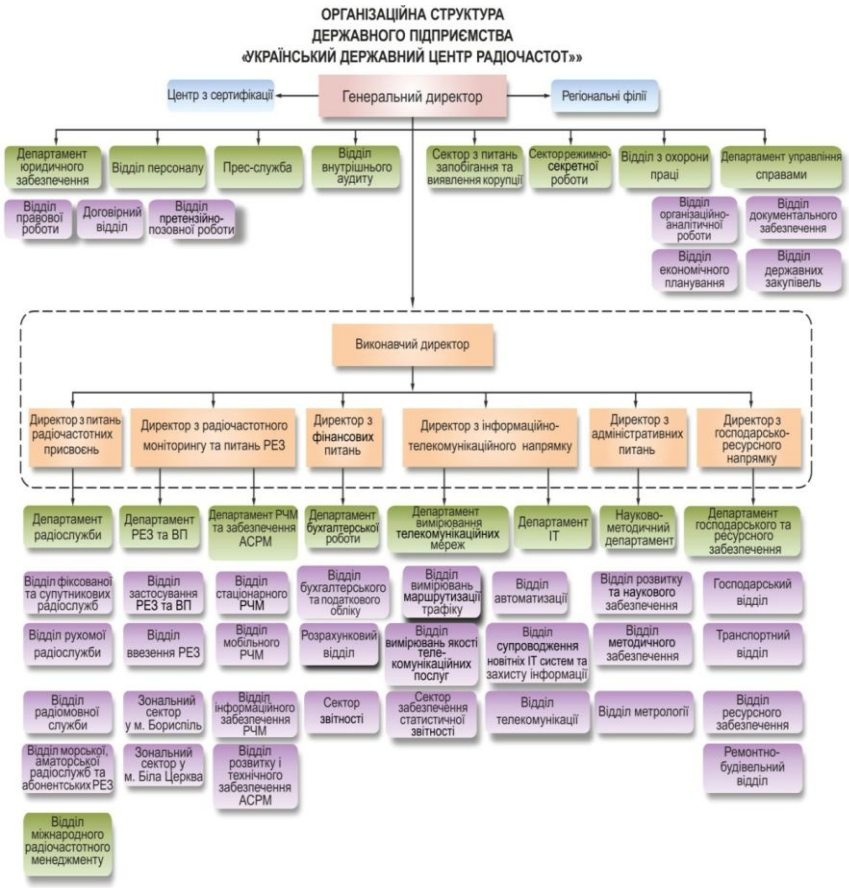


Рисунок 4.9–Оновлена узагальнена структура ДП «УДЦР»

Рисунок 4.10 - Структура національної СРЧМ на кінець 2014 року

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 знаходиться в Івано-Франківську.

До Подільської РП РЧМ були віднесені Житомирська, Хмельницька та Вінницька області з розташуванням 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 на 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 також АР Крим, які як і раніше входять до складу національної СРЧМ.

4.5 Порівняльний аналіз результатів застосування методології оцінювання ефективності функціонування

Оцінювання показників ефективності функціонування національної СРЧМ згідно з запропонованою методологією було адаптовано під зазначені в розділі 4.4 структурні зміни системи. Принципово розрахункова складова системно-методологічного підходу не змінилася. Істотні зміни були внесені в частині первинних вимог до вихідних даних і, згодом, адаптації бази даних для правильності проведення необхідних розрахунків. У зв'язку з відсутністю фінансування і великою затратностью людино-годин модернізація інтерфейсів програмного забезпечення не проводилася.

Для порівняння наведемо узагальнені результати розрахунків виконання завдання РЧМ по контролю параметрів випромінювань РЕЗ з урахуванням стаціонарної та мобільної складових. У табл. 4.2 наведені розрахунки для попередньої структури СРЧМ, до складу якої входило 26 РП РЧМ. Докладний аналіз показників розглянуто в підрозділі 4.1.1.

Таблиця 4.2 - Показники ефективності функціонування РП РЧМ класичної СРЧМ по контролю параметрів випромінювання РЕЗ

	Найменування філії УДЦР	2010 рік				2011 рік				2012 рік	
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.
1	Київська	0.627	0.677	0.775	0.650	0.669	0.722	0.696	0.718	0.754	0.775
2	Вінницька	0.516	0.509	0.508	0.535	0.535	0.504	0.510	0.517	0.515	0.508
3	Волинська	0.672	0.671	0.715	0.662	0.662	0.708	0.686	0.716	0.705	0.715
4	Дніпровська	0.511	0.610	0.665	0.624	0.625	0.645	0.648	0.659	0.633	0.665
5	Донецька	0.444	0.539	0.699	0.604	0.604	0.570	0.575	0.592	0.682	0.699
6	Житомирська	0.682	0.731	0.780	0.711	0.711	0.707	0.697	0.733	0.765	0.780
7	Закарпатська	0.657	0.703	0.638	0.603	0.603	0.650	0.649	0.640	0.668	0.638
8	Запорізська	0.590	0.557	0.624	0.571	0.573	0.617	0.611	0.593	0.615	0.624
9	Івано-Франківська	0.651	0.673	0.667	0.671	0.659	0.650	0.639	0.686	0.669	0.667
10	Кировоградська	0.481	0.512	0.669	0.515	0.513	0.587	0.578	0.647	0.668	0.669
11	Кримська	0.661	0.699	0.701	0.710	0.698	0.674	0.670	0.694	0.664	0.701
12	Луганська	0.597	0.616	0.619	0.628	0.628	0.635	0.651	0.661	0.629	0.619
13	Львівська	0.598	0.571	0.628	0.606	0.607	0.642	0.603	0.600	0.586	0.628
14	Миколаївська	0.606	0.611	0.761	0.653	0.653	0.734	0.747	0.717	0.759	0.761
15	Одеська	0.403	0.490	0.518	0.472	0.472	0.504	0.505	0.513	0.517	0.518
16	Полтавська	0.485	0.573	0.641	0.605	0.588	0.505	0.482	0.570	0.585	0.641
17	Рівненська	0.567	0.624	0.660	0.620	0.620	0.673	0.617	0.607	0.660	0.660
18	Севастопільська	0.529	0.517	0.624	0.597	0.597	0.588	0.574	0.608	0.604	0.624
19	Сумська	0.721	0.739	0.633	0.728	0.728	0.628	0.621	0.665	0.639	0.633
20	Тернопільська	0.685	0.676	0.751	0.716	0.732	0.724	0.714	0.727	0.706	0.751
21	Харківська	0.677	0.708	0.734	0.687	0.687	0.711	0.679	0.736	0.737	0.734
22	Херсонська	0.446	0.433	0.557	0.433	0.433	0.465	0.472	0.542	0.527	0.557
23	Хмельницька	0.542	0.570	0.625	0.602	0.602	0.566	0.562	0.565	0.624	0.625
24	Черкаська	0.780	0.775	0.710	0.753	0.753	0.690	0.737	0.746	0.730	0.710
25	Чернівецька	0.712	0.741	0.748	0.730	0.730	0.751	0.666	0.726	0.761	0.748
26	Черниговская	0.694	0.685	0.718	0.660	0.660	0.679	0.682	0.725	0.747	0.718

Для перевірки правильності розробленого науково-методичного апарату оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ і можливості його адаптації до інших національних СРЧМ після реорганізації СРЧМ України загальних користувачів було проведено два блоки розрахункових завдань

(рис 4.11).

У першому блоці розрахункових завдань проведено усереднення підсумкових результатів відповідно до нового розподілу областей по РП РЧМ. Проведення такого типу розрахунків дозволило в стислі часові терміни отримати результати оцінювання ефективності функціонування СРЧМ згідно з новою структурою РП РЧМ. Перевагою даного блоку розрахункових завдань є прискорений режим перерахунку без реорганізації бази даних. Недоліком є повністю ручний режим проведення розрахунків.

Другий блок розрахункових завдань призначений для оптимізації системи розрахунків та подальшого впровадження в ІРС Ефективність. Він включає в себе реорганізацію бази даних шляхом адаптації таблиць з вихідними даними до нової організаційної структури. Заповнення таблиць досягається за допомогою оновлення даних, отриманих згідно з новим запитом на вихідні дані встановленого зразка в оновлені регіональні центри (РП РЧМ). Наступним кроком до отримання оптимального результату є оцінювання системи за допомогою адаптованої бази даних. Перевагою такого виду адаптації є її повна відповідність первісним вимогам отримання результатів оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ. Недоліком є великі часові, економічні та інтелектуальні витрати на збір, обробку та внесення вихідних даних, а так само реорганізація структури бази даних і доопрацювання інтерфейсів програмного забезпечення.

Після виконання обох блоків розрахункових завдань проводився порівняльний аналіз отриманих результатів для підтвердження правильності роботи пропонованого науково-методичного апарату оцінювання ефективності РП РЧМ і національних СРЧМ в цілому.

Для прикладу з таблиці 4.2 обирались РП РЧМ, які входять до Північно-східної РП РЧМ згідно з оновленою структурою національної СРЧМ. До неї входять Харківська, Сумська, Полтавська та Чернігівська РП РЧМ з регіональним центром в м. Харкові (табл.4.3).

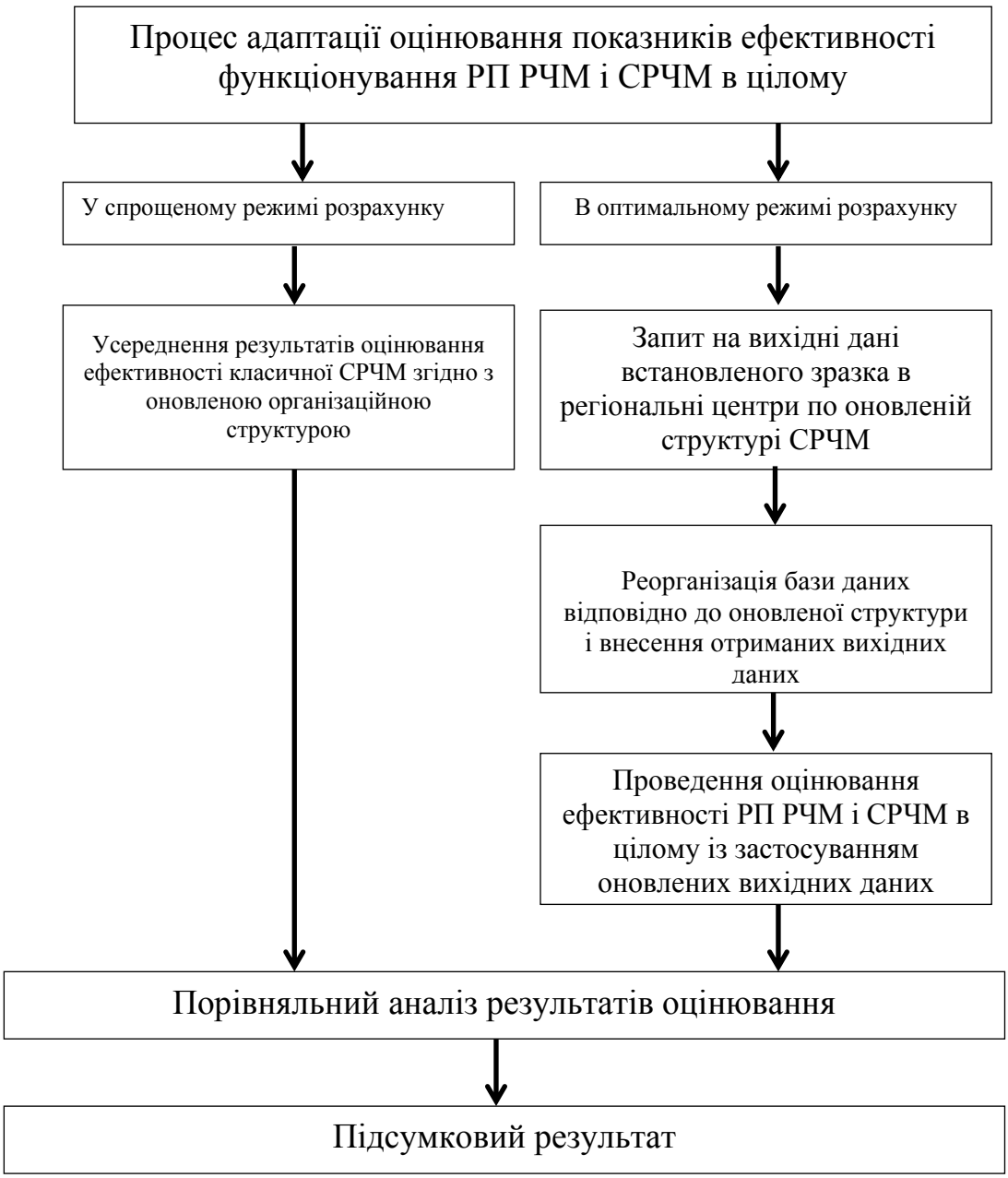


Рисунок 4.11 - Процес адаптації оцінювання показників ефективності функціонування РП РЧМ і СРЧМ в цілому

Таблиця 4.3 - Показники ефективності Північно-східної РП РЧМ по контролю параметрів випромінювання РЕЗ по областям

№ з/п	Назва філії УДЦР	2010 рік				2011 рік				2012 рік	
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.
1	Полтавська	0.485	0.573	0.641	0.605	0.588	0.505	0.482	0.570	0.585	0.641
2	Сумська	0.721	0.739	0.633	0.728	0.728	0.628	0.621	0.665	0.639	0.633
2	Харківська	0.677	0.708	0.734	0.687	0.687	0.711	0.679	0.736	0.737	0.734
4	Чернігівська	0.694	0.685	0.718	0.660	0.660	0.679	0.682	0.725	0.747	0.718

В обраному прикладі розрахунковий усереднений показник

ефективності Північно-східної РП РЧМ по контролю параметрів випромінювання РЕЗ поквартально наведено в табл. 4.4.

Далі, для порівняння булопроведено адаптацію бази даних до нової організаційної структури і проведено перезаповнення полів з відповідними вихідними даними. Після закінчення адаптації бази даних було оцінено ефективність Північно-східної РП РЧМ по виконанню основних завдань радіомоніторингу згідно з розробленим науково-методичним апаратом, як і в попередньому блоці розрахункових завдань.

Таблиця 4.4 - Показники ефективності Північно-східної РП РЧМ по контролю параметрів випромінювання РЕЗ

РП РЧМ	2010 рік				2011 рік				2012 рік	
	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.
Північно-східна	0,644	0,676	0,682	0,670	0,666	0,631	0,616	0,674	0,677	0,682

Результати оцінювання ефективності функціонування Північно-Східної РП РЧМ по контролю параметрів випромінювань РЕЗ з урахуванням адаптації бази даних наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 - Показники ефективності Північно-східної РП РЧМ по контролю параметрів випромінювання РЕЗ з адаптацією баз даних

РП РЧМ	2010 рік				2011 рік				2012 рік	
	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.
Північно-східна	0,618	0,650	0,656	0,644	0,640	0,626	0,606	0,648	0,651	0,658

Порівняльний аналіз отриманих різними способами результатів показав, що підсумкові значення, отримані після адаптації, меньше в середньому на 2.5-3%. Це обумовлено специфікою розрахунку закладеної в науково-методичний апарат оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ національних СРЧМ. В ході адаптації бази даних відбувся перерозподіл великого спектра даних з чотирьох РП РЧМ в одну. Були об'єднані вихідні

параметри регіонів (площа і населення), типи СРК і їх кількості, РЕЗ і смуг частот, що підлягають контролю, а так само змінність роботи. Це призвело до незначної невідповідності загальної ефективності в РП РЧМ в межах статистичної похибкиі показало, що усереднений результат підсумкових розрахунків по областям не може бути цілком вірогідним. Тому перерахунок результатів оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ згідно новій організаційній структурі необхідно проводити з адаптацією бази даних.

У табл. 4.6 для прикладу наведені результати автоматизованого оцінювання показників ефективності функціонування РП РЧМ реорганізованої СРЧМ по контролю параметрів випромінювання РЕЗ.

Таблиця 4.6 - Показники ефективності функціонування РП РЧМ реорганізованої СРЧМ по контролю параметрів випромінювання РЕЗ

№ з/п	Назва філії УДЦР	2010 рік				2011 рік				2012 рік	
		1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.
1	Західна	0,631	0,636	0,689	0,651	0,655	0,688	0,655	0,663	0,664	0,689
2	Карпатська	0,673	0,706	0,684	0,668	0,664	0,684	0,651	0,684	0,699	0,684
3	Подільска	0,580	0,603	0,638	0,616	0,616	0,592	0,590	0,605	0,635	0,638
4	Північно-східна	0,644	0,676	0,682	0,670	0,666	0,631	0,616	0,674	0,677	0,682
5	Центральна	0,591	0,614	0,667	0,616	0,616	0,635	0,644	0,661	0,662	0,667
6	Південна	0,485	0,511	0,612	0,519	0,519	0,568	0,575	0,591	0,601	0,612
7	Донецька	0.444	0.539	0.699	0.604	0.604	0.570	0.575	0.592	0.682	0.699
8	Кримська	0,595	0,608	0,663	0,654	0,648	0,631	0,622	0,651	0,634	0,663
9	Луганська	0.597	0.616	0.619	0.628	0.628	0.635	0.651	0.661	0.629	0.619
10	Київська	0.627	0.677	0.775	0.650	0.669	0.722	0.696	0.718	0.754	0.775

Виходячи з проведених розрахунків, можна зробити висновок про те, що розроблений науково-методичний апаратоцінювання ефективності РП РЧМ і процесу ведення радіомоніторингу є адаптивним до зміни структури національних системта дозволяє не тільки проводити оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ, а і відпрацьовувати рекомендації з заходів по їх удосконаленню та оптимізації.

4.7 Висновки по розділу 4

4.1. На основі запропонованого в розділі 3 алгоритму розроблено

функціональне програмне забезпечення для автоматизації процедури розрахунку інтегральних техніко-виробничих і часткових виробничих показників ефективності ведення радіочастотного моніторингу СРК, РП РЧМ і СРЧМ в цілому, їх стаціонарними та мобільними складовими за заданий період часу і прогнозування їх на майбутні періоди. Розроблено редактор БД для підвищення оперативності внесення вихідних даних до чинного функціонального програмного забезпечення для прискорення проведення розрахунків при внесенні наступних звітних періодів оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ і СРЧМ в цілому.

4.2. Проведено розрахунки по 26 РП РЧМ, що входили до складу СРЧМ України до 2014 року. Результати розрахунків виробничих і інтегральних показників свідчать про досить високу ефективність вирішення задач,що поставлені перед РП РЧМ УДЦР. У процесі аналізу отриманих результатів було виявлено ряд філій, які навіть при максимальному завантаженні робочих змін не здатні виконувати поставлені перед ними завдання радіомоніторингу на рівні інших філій (при існуючому парку мобільних і стаціонарних СРК). Аналіз функціонування мобільної складової при вирішенні перших двох задач радіомоніторингу дозволив найбільш докладно виявити вплив додавання вже існуючих типів СРК, введення нових типів або списання старогопарку СРК в кожному з регіонів.

4.3. Проаналізовані зміни структури ДП «УДЦР», що відбулися в середині 2014 року. Проведена адаптація бази даних під зміни складу і рівня вихідних даних, перевірена універсальністьрозробленого науково-методичного апаратуоцінювання ефективності функціонування РП РЧМ.Це доведеноза допомогою паралельного розрахунку показників ефективностішляхом об'єднання і усереднення підсумкових результатів РП РЧМ і, так само, за допомогою внесення змінених вихідних даних на початковому етапі аналізу і подальшомупроведенні розрахунків під нові вимоги до структури РП РЧМ і всієї СРЧМ в цілому.

4.4. Проведено аналіз підсумкових результатів та запропоновано

рекомендації щодо подальшого розвитку національної СРЧМ. Для ряду РП РЧМ запропоновано внести зміни в систему планування маршрутів мобільних СРК для оптимізації територіально-частотно-часового охоплення випромінювань. У деяких РП РЧМ виявлена недостатність існуючого парку СРК для вирішення поставлених перед ними задач, а в ряді РП РЧМ навпаки виявлена надмірність СРК, які не використовуються за призначенням.

ВИСНОВКИ

В роботі вирішена актуальна науково-технічна задача розробки науково-методичного апарату оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ і СРК, що базується на запропонованому системно-методологічному підході, який включає системний аналіз складних ієрархічних систем і просторово-частотно-часовий метод оцінювання ефективності радіомоніторингу виділеного РЧР

1. У відповідності з Рекомендаціями Міжнародного союзу електрозв’язку визначені конкретні групи завдань служби РЧМ. Розглянута необхідність об'єднання ресурсів у вигляді сукупності взаємодіючих технічних і програмних засобів в СРЧМ, яка повинна забезпечувати отримання об'єктивної інформації про стан ЕМО і стан використання РЧР держави. Аналіз принципів побудови, організаційної структури, виконуваних функцій, розв'язуваних задач і технічного оснащення **створеної СРЧМ України дозволив представити її у вигляді трирівневої ієрархічної структури з зонально-об'єктовим способом охоплення радіовипромінювань РЕЗ**. Визнано за доцільне використання при проведенні РЧМ і оцінюванні його ефективності запропонованої спеціалістами ДП «УДЦР» класифікації радіотехнологій на чотири групи з однаковими методами контролю.

2. **Запропоновано для розробки науково-методичного апарату використовувати системно-методологічний підхід, заснований на комплексному використанні системного підходу і SFT підходу**. Це дозволило вирішити науково-технічну задача дисертаційного дослідження: розробки науково-методичного апарату оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ і СРК, що базується на запропонованому системно-методологічному підході і **дозволяє, на відміну від відомих**, провести виробниче та інтегральне техніко-виробниче оцінювання ефективності їхньої

роботи в SFT області. Використання даного методу дозволило визначити міру РЧМ у вигляді контрольованого SFT простору існування РЧР та головну мету функціонування СРЧМ у вигляді функції цілепокладання контрольованого і виділеного SFT просторів.

3. Для обґрунтованої моделі національної СРЧМ визначено і побудовано «дерево» цілей, підцілей та операцій. Для кількісної оцінки результату операції **запропоновано узагальнений показник у вигляді вектора, компоненти якого є показники окремих результатів, що відбивають результативність, ресурсомісткість і оперативність. На основі SFT методу розроблена комплексна система техніко-виробничих показників і критеріїв, що включає системи імовірнісних та детермінованих груп показників**. Система імовірнісних показників призначена для якісної оцінки потенційної ефективності РЧМ і прогнозу розвитку СРЧМ на наступні періоди, а також дозволяє оцінити роботу СРК і пред'явити вимоги до їх модернізації. Детермінована система показників дозволяє оцінювати РЧМ з метою отримання даних, необхідних для управління використанням РЧР на всіх рівнях організаційної структури.

4. **Розроблена методика містить систему і порядок розрахунку узагальнених техніко-виробничих показників ефективності радіомоніторингу РП РЧМ і СРЧМ в цілому.** Вони дозволяють провести оцінювання ефективності ведення РЧМ в SFT області з урахуванням специфіки функціонування всіх рівнів СРЧМ. Детальний аналіз різних рівнів системи відображає внесок кожної зі складових у сумарну ефективність ведення РЧМ. Методика в частині оцінювання техніко-виробничої ефективності різнотипних СРК з комплексного виконання РЧМ забезпечує оцінювання продуктивності, виробничої потужності, ефективності роботи і використання кожного СРК по кожній задачі і класу радіотехнологій та в підсумку **дозволяє оптимізувати кількісно-якісний склад парку СРК і підвищити ефективність планування і ведення процесу РЧМ.**

5. На основі розроблених методики та алгоритмів в розділах 3 і 4 **наводяться розроблені функціональне ПЗ та БД для автоматизації процедури розрахунку інтегральних техніко-виробничих і часткових виробничих показників ефективності ведення РЧМ в РП РЧМ і СРЧМ в цілому**, їх стаціонарних та мобільних СРК за заданий період часу і прогнозування їх на майбутні періоди. Розроблено редактор БД, для підвищення оперативності внесення вихідних даних до ПЗ для прискорення проведення розрахунків при внесенні наступних звітних періодів оцінюванні ефективності функціонування РП РЧМ і СРЧМ в цілому.

6. Проведено розрахунки 26 РП РЧМ, що входили до складу СРЧМ України до 2014 року, та 9 РП РЧМ, що увійшли до оновленої укрупненої структури**. Результати розрахунку виробничих і інтегральних показників свідчить високу ефективність виконання завдань покладених на РП РЧМ.** Порівняння результатів розрахунку виробничих показників першого кварталу 2010 року і другого кварталу 2012 року показало, що зростання ефективності функціонування СРЧМ за звітний період становить понад 7%. Виробничі показники мобільної складової виросли на 7,3%, а стаціонарної - на 7,4%. Інтегральні показники в цілому за СРЧМ виросли на 4,9%. Ефективність мобільної складової зросла на 6,2%, стаціонарної - на 3,8%.

7. Проведена перевірки адекватності розробленого науково-методичного апарату оцінювання ефективності функціонування РП РЧМ і можливості його адаптації до інших національних СРЧМ на прикладі СРЧМ України загальних користувачів до і після її реорганізації. Порівняльний аналіз отриманих різними способами результатів показав, що показники ефективності відрізняються на 2.5-3% і находяться в межах статистичної похибки.

Таким чином, **розроблений науково-методичний апарат оцінювання ефективності РП РЧМ і процесу ведення радіомоніторингу є адаптивним до зміни структури національних СРЧМ та дозволяє не тільки проводити оцінювання ефективності, а і відпрацьовувати рекомендації з заходів по їх удосконаленню та оптимізації.**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Калюжный Н.М., Системная методология оценивания эффективности функционирования национальных систем радиочастотного мониторинга на основе пространственно-частотно-временного подхода / Н.М. Калюжный, И.М. Николаев, В.А. Ковшарь // Прикладная радиоэлектроника- 2013, Т.12, № 3, С. 375-386.

2. Калюжный Н.М., Методика оценивания эффективности функционирования системы мониторинга общих пользователей радиочастотного ресурса на основе пространственно-частотно-временного подхода. Часть 1 / А.М. Попов, В.А. Ковшарь //Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. –2013, №172,С. 160-169.

3. Калюжный Н.М., Методика оценивания эффективности функционирования системы мониторинга общих пользователей радиочастотного ресурса на основе пространственно-частотно-временного подхода. Часть 2 / Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшарь // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб.–2013, №173, С. 101-109.

4. Калюжний М.М., Методический подход к оценке эффективности работы средств радиоконтроля по комплексному решению задач радиочастотного мониторинга/ М.М. Калюжний, Задонський О.І., Ковшар В.О. // Системи озброєння і військова техніка. Науковий журнал –Х: Харківський Університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015, Вип. 2(42), С. 99-105. – ISSN 1997-9568.

5. Калюжный Н.М., Информационно-расчетная система и результаты оценивания эффективности функционирования системы радиочастотного мониторинга в полосах частот общего пользования / Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшарь // Системы обработки информации. Науковий журнал. –Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016, Вип. 3(140), С. 57-63. ISSN 1681-7710. IndexCopernicus, GoogleScholar.

6. Kalyuzhny N.M. Methodical Approach to Estimation of Effectiveness of the

Radio Frequency Monitoring System / N.M. Kalyuzhny, A.I. Zadonskiy, V.A. Kovshar // International Journal of Science and Research (IJSR). – 2018. - Volume 7 Issue 3, P. 899 – 905. DOI: 10.21275/ART2018659, Index Copernicushttps://www.ijsr.net/archive/v7i3/ART2018659.pdf.

7. Yu Zheng, Multi-Criteria Selection of the Preferred Protocol of Routing in Ad-Hoc Networks by Hierarchies Analysis Method /V. Semenets, V. Bezruk, V. Kovshar, Guo Qiang // International Journal of Science and Research (IJSR). – 2019. Volume 8, Issue 11, P. 159-162.

https://www.ijsr.net/archive/v8i11/ART20202327.pdf.

8. Калюжный Н.М., Методика и результаты оценки пространственно-частотно-временных показателей эффективности функционирования системы радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, И.М.Николаев, А.М.Попов, В.А.Ковшар, А.И.Задонский, В.Г.Благодарный // 4-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». - Украина, Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 18-21 октября 2011,Том I, Ч. 2, С. 213-218.

9. НиколаевИ.М., Постановка и алгоритм решения задачи оценки эффективности региональной системы радиомониторинга / И.М.Николаев, А.И. Задонский, В.А. Ковшарь //Шоста наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору» -Україна, Харків, ХУПС ім.. І. Кожедуба,14-15 квітня 2010,С. 187.

10. Калюжный Н.М., Автоматизация процессов и результаты анализа соответствия распределения полос радиочастот в Украине и Европейском Союзе / Н.М. Калюжный, А.М.Попов, С.А.Галкин, В.А.Ковшарь //Шоста наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору», - Україна, Харків, ХУПС ім.. І. Кожедуба, 14-15 квітня 2010,С. 186.

11. Калюжный Н.М., Методологический подход к оценке эффективности функционирования систем радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, И.М. Николаев, В.А.Ковшар // Міжнародний семинар МСЕ «Радиомониторинг и повышение эффективности использования спектра»- Україна, Київ, 7-9 вересня 2010.

12. Калюжный Н.М., Разработка показателей эффективности функционирования региональных подсистем радиочастотного мониторинга по оценке реального состояния использования радиочастотного ресурса / Н.М. Калюжный, А.И.Задонский,В.А.Ковшар // Сьома наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору»- Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 13-14 квітня 2011,С. 232-233.

13. Калюжный Н.М., Технико-экономические показатели эффективности функционирования региональной системы радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.А. Ковшар, А.С. Бутченко // Сьома наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору»- Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 13-14 квітня 2011, С. 233-234.

14. Ковшарь В.А., Оценивание показателей производственной мощности стационарных, мобильных и портативных средств технического радиоконтроля // 15-й Юбилейный Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке»- Україна, Харьков, ХНУРЭ, 10-12 апреля 2011, Т3, С. 187-188.

15. Калюжный Н.М., Методический аппарат и программный комплекс оценивания эффективности функционирования системы радіочастотного мониторинга» / Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А Ковшар. //Восьма наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору» - Україна,Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба,18-19 квітня 2012 року, С. 242-243.

16. Ковшарь В.А., Методика и алгоритм построения зон радиодоступности станций радиоконтроля // 16-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». - Украина, Харьков, ХНУРЭ, 17-19 апреля 2012,Т. 3, С. 177-178.

17. Калюжный Н.М., Методика и результаты оценки пространственно-частотно-временных показателей эффективности фунционирования системы радиочастотного мониторинга по решению основных задач / Н.М. Калюжный, С.А.Галкин, А.М Попов., В.А. Ковшар // XVIII международная научно-техническая конференция «РАДИОЛОКАЦИЯ НАВИГАЦИЯ СВЯЗЬ»- Росийская Федерация, Воронеж, 2013,Т.3, С. 1892-1903.

18. Калюжный Н.М., Методологический подход к оценке эффективности функционирования национальных систем радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшар // МВНК «Современная военно-техническая политика: проблемы и перспективы»- Минск, Военная Академия Республики Беларусь, 21–22 марта 2013 года, С. 255.

19. Калюжный Н.М., Оценивание эффективности работы разнотипных средств радиоконтроля при решении основных задач радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, В.А. Ковшар, А.И. Задонский, Н.Н. Скринник // V-й Международный Радиоэлектронный Форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» - Украина, Харьков, 14-17 октября 2014. Т.1, С. 274-277.

20. Калюжный Н.М., Способ и алгоритм оценивания зон электромагнитной доступности и совместимости широкодиапазонных средств радиоконтроля / Н.М. Калюжный, В.А. Ковшар, К.Н. Коржуков, С.А. Галкин // V-й Международный Радиоэлектронный Форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» - Украина, Харьков, 14-17 октября 2014,Т.1, С. 265-269.

21. Калюжный Н.М., Результаты оценивания эффективности функционирования региональных подсистем радиочастотного мониторинга Украины / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.И. Колесник, В.А. Ковшарь //Девята наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору»,- Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба,17-18 квітня 2013, С. 362.

22. Калюжный Н.М., Оценивание эффективности работы разнотипных средств радиоконтроля по ведению радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.А. Ковшарь // Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи» - Украина, Харьков, ХНУРЭ, 27 мая 2015, С. 74-77.

23. Kalyuzhniy N.M.,Ways of calculating the electromaggnetik field intensity for assessment of electromagnetic compatibility of radio-monitoring stations / Kalyuzhniy N.M. Chernov A.B. Semenov G.V. Galkin S.A. Kovshar V.A. // X Anniversary international conference on antenna theory and techniques (ICATT-2015)

-Ukraine, Kharkiv, 21-24 April 2015, P. 111-113.http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-

24. Сенников В.Ю., Результаты создания информационного базиса спектральных масок передатчиков РЭС для автоматизации процесса радиомониторинга / В.Ю. Сенников, В.А. Ковшарь, М.В. Солнышков // 20-й Юбилейный Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», Україна, Харьков, ХНУРЭ, 19-21 апреля 2016, С. 000

25. Ковшар В.А., Информационно-расчетная система «Радиомониторинг-М»/ Ковшар В.А., Хряпкин А.В. // Выставка технического творчества молодежи 19-го международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в 21 веке». Каталог выставки технического творчества молодежи. - Украина, Харьков, ХНУРЭ, 12 апреля 2015, С.20-22.

26. Калюжный Н.М., Сравнительный анализ методик расчета распространения радиоволн для практической реализации оценки электромагнитной совместимости / Калюжный Н.М., Чернов А.Б., Хряпкин А.В., Ковшарь В.А., // МНПК «Проблеми ЕМС перспективних безпроводових мереж зв'язку - Україна, Харків, ХНУРЭ, 21-22 травня 2019, С. 1-3.

27. Калюжний М.М. Комп’ютерна програма «Інформаційно-розрахункова система оцінювання та прогнозування показників ефективності функціонування при виконанні системою радіочастотного моніторингу України своїх основних завдань» («Ефективність 1.0») / Калюжний М.М., Колісник В.І., Задонський О.І. Ковшарь В.О., Ніколаєв І.М., Попов О.М.// Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 53955 від 05.03.2014

28. Калюжний М.М., Комп’ютерна програма «Інформаційно-розрахункова система моделювання і оцінювання можливостей систем радіочастотного моніторингу по територіально-частотному охвату радіоконтролем РЕЗ»(«Радіомоніторинг М1») / Калюжний М.М., Задонський О.І. Колісник В.І., Ковшарь В.О., Хряпкін О.В., Галкін С.О., Коржуков К.М // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 66935 від 29.07.2016.

29. Калюжний М.М., Комп’ютерна програма «Інформаційно-розрахункова система територіально-частотно-апаратного планування і оптимізації

функціональної структури систем радіочастотного моніторингу радіочастотного ресурсу» («Радіомоніторинг У») / Калюжний М.М., Задонський О.І. Колісник В.І., Ковшарь В.О., Хряпкін О.В., Галкін С.О., Коржуков К.М // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 70086 від 26.01.2017

30. Калюжний М.М., Спосіб імітаційного статистичного моделювання системи розпізнавання радіовипромінювальних об'єктів // Калюжний М.М., Ніколаєв І.М., Хряпкін О.В., Безрук В.М., Галкин С.О., Задонський О.І., Ковшар В.О.Патент на корисну модель №135543 від 10.07.2019.

31. Васильев В.В., Салютина Т.Ю. Мониторинг информатизации: показатели, методология оценки и прогнозирования // М.: Изд-во «Палеотип», 2005.- 160 с.

32. Гутман Г.В. Управление региональной экономикой // М: Финансы и статистика, 2001. - 176 с.

33. Зоря Н.Е., Кузовкова Т.А., Н.Н. Мухитдинов. Региональный мониторинг инфокоммуникационного развития на пространстве РСС. // Монография.-М.: ГГУ, 2010.-191 с.

34. Когут А.Е., Рохчин В.Е. Информационные основы регионального социально-экономического мониторинга // - СПб.: ИЭСП РАН, 1995. - 143 с.

35. Кореньков В.В., Ужинский А.В., История развития технологий мониторинга информационных систем // Электронный журнал. Системный анализ в науке и образовании, 2009. - № 1, - С. 24-28.

36. Рыбкин М.Ю. Повышение эффективности деятельности предприятий на основе моделирования экономических показателей //Вестник Тверского государственного университета, Тверь: ТвГУ, 2011. - № 24, - С. 55-63.

37. Кузовкова Т.А., Устинова Ю.В. и др. Экономический мониторинг в связи. // М.: ЦНТИ «Информсвязь», 2001. - 84 с.

38. Питере Т., Уотермен Р. В поисках эффективного управления // М.: Прогресс, 1986. - 424 с.

39. Портер М.Ю. Конкурентное преимущество: Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость / пер. с англ. Е. Калининой. // М.: Альпина Бизнес Букс, - 2008. - 715 с.

40. Ковшарь В.А., Разработка информационного базиса спектральных масок передатчиков РЭС существующих радиотехнологий для автоматизации процесса радиомониторинга / Корсун В.И., Кипенский А.В., Калюжный Н.М., Задонский А.И. // Сб. научных трудов конференции «Радиолокация. Спутниковая навигация. Радиомониторинг». - Харьков, 2017. - с. 284-287. - ISBN 978-617-669-223-2

41. Скрипниченко А.Н. Экономический мониторинг рыночной конъюнктуры в системе предпринимательства / дисс.-канд. экон. наук. // СПб: СПбУЭФ, - 2000.- 128 с.

42. Шеремет А.Д. Теория экономического анализа / Учебник. // М.: ИНФРА - М, - 2006. - 366 с.

43. Евдокимова Т.Г., Маховикова Г.А. Краткий словарь делового человека. // М.: Финансы и статистика, - 1991. - 125 с.

44. Радзиевский В. Г., Сирота А. А. Теоретические основы радиоэлектронной разведки // ЗАО Издательство Радиотехника, - 2004. - 432с.

45. Ширман Я.Д. Лосев Ю.И., Минервин Н.Н. и др. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. // М: ЗАО «МАКВИС», - 1998. - 828 с.

46. Короткова А.В., Синяева И.М. Управление маркетингом. // М.: Юнити-Дана,- 2005. - 463 с.

47. Кудрина Е.Л. Мониторинг библиотечных кадров в регионе как стратегия деятельности вуза // Научные и технические библиотеки. - 1999. - №4.- С. 31-35.

48. Кураков Л.П., Кураков В.Л., Кураков А.Л. Экономика и право: словарь-справочник. // М.: Гелиос АРВ, 2004. - 1072 с.

49. Ламбен Жан Жак. Менеджмент, ориентированный на рынок / Пер. с англ. под ред. В.Б. Колчанова. // СПб.: Питер, - 2004. - 800 с.

50. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Слов.-справ. // М:Мысль, -1990.- 637 с.

51. Елисеева И.И., М.М. Юзбашев Общая теория статистики. // М.: «Финансы и статистика», - 2004. - 656 с.

52. Израэль Ю.А. Осуществление в СССР системы мониторинга загрязнения природной среды. // JL: Гидрометеоиздат, - 1978. - 117 с.

53. Боровкова Т.П., Морев И.А. Мониторинг развития системы образования. Часть 2. Практические аспекты // Учебное пособие. - Владивосток: Изд-во Дальневосточного университета, - 2004. - 134 с.

54. Горфинкель В.Я., Поляк Г.Б., Швандар В.А. Предпринимательство. Учебник для вузов. // М.: ЮНИТИ-ДАНА, - 2005. - 735 с.

55. В.И.Котов. Эффективность использования радиочастотного ресурса и подходы к ее оценке// Электросвязь. – 2009. – № 7. С 63-67.

56. Кузнецов И.Н. Информация: сбор, защита, анализ. // М: Изд-во Яуза, - 2001.-98 с.

57. Кисляк М. Методы сбора информации и инструменты анализа // Электронный журнал. Маркетинг журнал. - 2004.– С. 32-38.

58. Васильев В.В., Салютина Т.Ю. Мониторинг информатизации: показатели, методология оценки и прогнозирования // М.: Изд- во «Палеотип», - 2005. - 160 с.

59. Зоря Н.Е., Кузовкова Т.А., Мухитдинов Н.Н., Региональный мониторинг инфокоммуникационного развития Регионального содружества в области связи: Монография // М.: ГУУ, -2010. -191 с.

60. Уилсон Э. Мониторинг и анализ сетей. Методы выявления неисправностей // М.: «Лори», - 2002. - 350 с.

61. Справочник по радиоконтролю. // Женева: МСЭ-Р, редакции 1995-2002.

62. Регламент радиосвязи. // МСЭ – Женева, -2015. – 424 с.

63. Рекомендация ITU-R.SM.1050. Задачи службы радиомониторинга // Женева: МСЭ-Р .[Електронний ресурс] Режим доступу до документу:http://www.rcc.org.netcat_files/874/1100/h_ca322379983ad030eb27c48255e3b0f2

64. Рекомендация SM.1392 . Международная система мониторинга // Женева: МСЭ-Р . [Електронний ресурс] Режим доступу до документу:http://www.rcc.org.netcat_files/874/1100/h_ca322379983ad030eb27c48255e3b0f2

65. Рекомендация ITU-RSM.1392-1. Essential requirement for a spectrum monitoring station for developing countris.// Женева: МСЭ-Р . [Електронний ресурс] Режим доступу до документу: http://www.rcc.org.netcat_files/874/1100/h_ca322379983ad030eb27c48255e3b0f2

66.Международная таблица распределения радиочастот //Регламент радиосвязи. // МСЭ – Женева, -2015. С 15-25. [Електронний ресурс] Режим доступу до документу: https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/workshops/RRS-15-Eastern-Europe/Documents/MondayOpening/K_Bogens_02_RR_RoP_ru.pdf

67. Национальная таблица распределения радиочастот // Кабінет міністрів українипостанова від 15 грудня 2005 р. № 1208київ . - про затвердження національної таблиці розподілу смуг радіочастот україни. – в редакції № 15 від 15.01.2020. – С. 2-56.

68. Закон України „Про радіочастотний ресурс України" від 24.06.2004№ 1876-IV із змінами, внесеними згідно із Законом № 2119-IV від 21.10.2004.

69. Конституция Украины // Верхована Рада України. - 28 червня 1996 р. в редакції від 07 лютого 2019 року, N 2680-VIII. - 48 с.

70. План використання радіочастотного ресурсу України /Постанова кабінету Міністрів України //. БюлетеньНаціональної комісії з питань регулювання зв'язку України (Офіційне видання).. № 815 // К.:- № 6(7) - 09 червня 2006., -174 с.

71. Положення про радіочастотний моніторинг у смугах радіочастот загального користування", затвердженого рішенням НКРЗ від 16.07.2009 № 1599 // Міністерство юстиції України. - № 741/16757– 07 серпня 2009. – 59 с.

72. Порядок виконання робіт з виявлення та усунення дії джерел радіозавад у смугах радіочастот загального користування / Рішення НКРЗ від 19.04.2007 № 695 // Міністерство юстиції України. № 829/14096. – 19 червня 2007. – 125 с.

73. Методичні рекомендації щодо планування розвитку системи технічного радіоконтролю УДЦР / ДП «УДЦР»// Наказ. - № 15., - 28 січня 2008. – 60 с.

74. Система управління якістю. Виконання робіт з технічного радіоконтролю параметрів випромінювання РЕЗ (ВП)/ Інструкція І-3.4.3/01-09. Редакція 01. ДП «УДЦР»// Наказ. - № 522 . – 19 листопаду 2009.– 45 с.

75. Закон України "Про телекомунікації" від 18.11.03 №1280-IV.

76. РекомендаціяITU-RP.1546-2 Methodforpoint-to-areapredictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz. // МСЭ – Женева, [Електроннийресурс] Режимдоступудодокументу: https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/workshops/RRS-15-Eastern-Europe/Documents/MondayOpening/K_Bogens_02_RR_RoP_ru.pdf

77. Про порядок надання ліцензій на використання радіочастотного ресурсу України /Кабінет Міністрів України // постанова. - №112. - 7 Лютого 2001. – 36 с.

78. Слободянюк П. В., Благодарный В. Г. Радиомониторинг: вчера, сегодня, завтра. (Теория и практика построения системы радиомониторинга) / Под общ. ред. П. В. Слободянюка // Прилуки: «Издательство «Аір – Поліграф», - 2010. – 296 с.

79. Положення про порядок виділення радіочастот України /Держкомзв'язку та інформатизації України // Наказ. - №154. – 25 жовтня 2000. – 86 с.

80. Положення про порядок присвоєння радіочастот радіоелектронним засобам загального призначення /Держкомзв'язку та інформатизації України // Наказ. - №23. – 11 лютого 2003.- 67 с.

81. Тимчасова інструкція про порядок надання висновків щодо електромагнітної сумісності та дозволів на експлуатацію радіоелектронних засобів / ДП «УДЦР»// Наказ. - № 416. – 1 листопада 2004. – 60 с.

82. Рекомендація МСЭ-RSM.182. Автоматичний контроль зайнятості радіочастотного спектру.// МСЭ – Женева, - 3 с. - [Електронний ресурс] Режим доступу до документу: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.182-5-200702-W!!PDF-R.pdf

83. Методические рекомендации по формированию себестоимости продукции (работ, услуг) в промышленности//Киев, - 2007.

84. Методические рекомендации оценки влияния изменений экономических факторов на себестоимость производства (работ, услуг) в промышленности и на эффективность работы предприятий//Киев, - 2008.

85. Definition of spectrum use and efficiency of a radio system.

RecommendationITU-RSM.1046-2, 2006. // МСЭ – Женева, - 47 с. - [Електронний ресурс] Режим доступу до документу: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1046-2-200605-S!!PDF-E.pdf

86. Справочник по управлению использованием спектра на национальном уровне /Международный союз электросвязи //ITU, - 2005, -с. 286–301.

87. Экономические аспекты управления использованием спектра //Международный союз электросвязи // Отчет МСЭ-р серия SM. – ITU. - 1997. – 36 с.

88. Economic Aspects of Spectrum Management (addendum to ITU-r report sm.2012-1) Radiocommunication Study Groups, July 2002. – 105 p. - [Електроннийресурс] Режимдоступудодокументу: https://www.itu.int/itudoc/gs/promo/gs/cat-pub/81205.pdf

89. В. С. Авдуевский и др. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. - Т. 1. / ,под ред. А. И. Рембезы, Ред. совет: Методология. Организация. Терминология.// М.: Машиностроение, - 1986. – 224 с.

90. ПетуховГ. Б.,Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем / Г. Б. Петухов, В. И. Якунин. // М.: АСТ, - 2006. – 504 с.

91. В. С. Авдуевский и др. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. -Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. //М.: Машиностроение, - 1988. – 328 с.

92. Cooper W. W., Data Envelopment Analysis / A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software // W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone.– Boston : Kluwer Academic Publishers, - 2000. – 318 p.

93. Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application / A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin, L. M. Seiford. // Boston : Kluwer Academic Publishers, - 1994. – 513 p.

94. Coelli T., An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis/ T. Coelli, D. S. Prasada Rao, G. E. Battese // Boston : Kluwer Academic Publishers, - 1998.– 275 p.

95. Акофф Р.Л., О целеустремленных системах / Р. Л. Акофф, Ф. Эмери.// М. :Сов. радио, - 1974. – 272 с.

96. ФлейшманБ.С.,Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем / Б. С. Флейшман. – М. : Сов. радио, 1971. – 224 с.

97. Смоляк С.А., Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности (теория ожидаемого эффекта) / С. А. Смоляк. // М. : Наука, - 2002. – 182 с.

98. Волкова В.Н., Основы теории систем и системного анализа: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Системный анализ и управление» / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. // Изд. 3-е., перераб. и доп. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, - 2005. – 520 с.

99. Багриновский К.А., Современные методы управления технологическим развитием / К. А. Багриновский, М. А. Бендиков, Е. Ю. Хрусталев. // М.: РОССПЭН, - 2001. – 272 с.

100. Буренок В. М., Механизмы управления производством продукции военного назначения / В. М. Буренок, Г. А. Лавринов, Е. Ю. Хрусталев ; Центр. экон.-мат. ин-т РАН.// М.: Наука, - 2006. – 303 с.

101. В.Е. Кривоножко,Анализ эффективности функционирования сложных систем / А. И. Пропой, Р. В. Сеньков, И. В. Родченков, П. М. Анохин // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.

102. Антамошкин А.Н., Методика исследования эффективности сложных иерархических систем / А.Н. Антамошкин, О.Н. Моргунова, Е.П. Моргунов // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та. – 2006. – Вып. 2 (9). – С. 9–13.

103. Барсегян А.А., Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining: учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И.И. Холод. // СПб. : БХВ–Петербург, - 2004. – 336 с.

104. Бешелев С.Д., Математико-статистические методы экспертных оценок/ С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. // 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Статистика, - 1980. – 263 с.

105. БирС., Кибернетика и менеджмент/ С. Бир.: Пер. с англ. // 2-еизд. – М.: КомКнига, - 2006. – 280 с.

106. Бир С., Мозг фирмы: / С. Бир. Пер. с англ. // М.:Радио и связь,- 1993. – 416 с.

107. Вознюк В.В.,Методика оценки эффективности применения системы радиомониторинга на базе сверхмалых космических аппаратов-ретрансляторов / Зайцев С. А., Пономарев Ю.А., Фатеев В.Ф // Изв. ВузовПриборостроение, - №6. – 2007. – С. 56-61.

108 Воронин А.А., Оптимальные иерархические структуры / А.А.Воронин, С.П. Мишин. // М.: ИПУ РАН, 2003. – 214 с.

109 Выгон Г.В., Анализ связи технологической эффективности и рыночной капитализации компаний / Г. В. Выгон, А. Б. Поманский // Экономика и математические методы. – Т. 36, № 2. - 2000. - С. 70–87.

110 Голубков, Е.П. Технология принятия управленческих решений / Е.П. Голубков. // М.: Дело и сервис, - 2005. – 544 с.

111 Горелова В. Л., Основы прогнозирования систем : учеб. пособие дляинж.-экон. спец. вузов / В. Л. Горелова, Е. Н. Мельникова. // М.: Высш.шк., - 1986. – 287 с.

112. Калюжный Н.М., Методология оценивания эффективности функционирования национальных систем радиочастотного мониторинга /Николаев И.М., Галкин С.А. //9 Международный Симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии – С.Пб, 2011, - С. 164-167.

113. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. // М: «Высшая школа», - 1989. – 361с.

114. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ: Учеб. пособие. // К.:МАУП, - 2003. - 368 с.

115. Цветков С.А. и др. Проблемы развития радиоконтроля и управления использованием РЧС /Якименко В.С., Черток Д.В., Бобовников В.В. // Электросвязь.– №4. – 2005.– С. 27-31.

ДОДАТОК А

Акти впровадження результатів дисертаційної роботи

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
Харківського національного
університету радіоелектроніки
доктор технічних наук професор
_____ М.І. Сліпченко
"30" 05 2014р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник Державного
підприємства «Український
державний центр радіочастот»
кандидат технічних наук
_____ П.В. Слободянюк
"_" _____ 2014р.

АКТ
впровадження результатів дисертаційної роботи
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
Ковшаря Валентина Олександровича

Комісія у складі: голови – заступника начальника Державного підприємства «Український державний центр радіочастот» (ДП УДЦР) з питань радіочастотного моніторингу Титаренка В.К. і членів комісії – начальника управління науково-методичного забезпечення (УНМЗ) Корсака В.Ф., начальника відділу методичного забезпечення УНМЗ ктн доцента Благодарного В.Г. і провідного інженера відділу методичного забезпечення УНМЗ квн доцента Сідака А.С. склала цей акт про те, що результати дисертаційної роботи молодшого наукового співробітника науково-дослідної частини Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ) Ковшаря В. О. в частині розробки програмно-алгоритмічного забезпечення для оцінювання ефективності функціонування автоматизованої системи радіочастотного моніторингу (АС РЧМ) у смугах радіочастот загального користування та її регіональних підсистем (РП РЧМ) впроваджені в виробничий процес Державного підприємства «Український державний центр радіочастот».

Програмно-алгоритмічне забезпечення розроблено на основі вперше створеного групою авторів за участю Ковшаря В.О. системної методології оцінювання ефективності функціонування національних систем радіочастотного моніторингу (СРЧМ) з використанням системного аналізу складних ієрархічних систем і просторово-частотно-часового методу оцінювання ефективності процесу радіомоніторингу.

Даний підхід дозволив дисертанту розробити методику з єдинообразною системою критеріїв і показників ефективності функціонування АС РЧМ щодо

просторово-частотно-часового охоплення радіомоніторингом радіочастотного ресурсу на всіх рівнях її ієрархії: станції радіоконтролю – РП РЧМ – система радіочастотного моніторингу в цілому.

Впроваджене програмно-алгоритмічне забезпечення реалізує автоматизовані процедури розрахунку:

– часткових показників ефективності функціонування угруповань стаціонарних і мобільних засобів радіоконтролю РП РЧМ по групах радіотехнологій і виконанню основних завдань;

– інтегральних (просторово-частотно-часових) та виробничих показників ефективності функціонування РП РЧМ із застосуванням усіх видів засобів радіоконтролю;

– інтегральних та виробничих показників ефективності функціонування АС РЧМ, її стаціонарної та мобільної складових;

– короткострокове та довгострокове прогнозування показників ефективності функціонування РП РЧМ й АС РЧМ.

Інтерфейс програмного забезпечення забезпечує відображення результатів розрахунків у табличній та графічній формах й автоматизовано формувати звітну інформацію.

Комісія підтверджує працездатність програмно-алгоритмічного забезпечення, яке дозволяє проводити наближене до реального оцінювання ефективності роботи АС РЧМ на всіх рівнях ієрархії та підтримку прийняття обгрунтованих рішень щодо її подальшого розвитку.

Акт складений для пред'явлення до спеціалізованої вченої ради із захисту дисертацій і не є підставою для фінансових розрахунків.

Голова комісії _____ Титаренко В.К.

Члени комісії _____ Корсак В.Ф.

ктн доцент _____ Благодарний В.Г.

квн доцент _____ Сідак А.С.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
Харківського національного
університету радіоелектроніки
доктор технічних наук професор

_____ проф. М.І. Сліпченко

"30" 05 2014р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник Державного
підприємства «Український
державний центр радіочастот»
кандидат технічних наук

_____ П.В. Слободянюк

"_____" 05 2014р.

АКТ
використання результатів дисертаційної роботи
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
Ковшаря Валентина Олександровича

Комісія у складі: голови – заступника начальника Державного підприємства «Український державний центр радіочастот» (ДП УДЦР) з питань радіочастотного моніторингу Титаренка В.К. і членів комісії – начальника управління науково-методичного забезпечення (УНМЗ) Корсака В.Ф., начальника відділу методичного забезпечення УНМЗ ктн доцента Благодарного В.Г. і провідного інженера відділу методичного забезпечення УНМЗ квн доцента Сідака А.С. склала цей акт про те, що результати дисертаційної роботи молодшого наукового співробітника науково-дослідної частини Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ) Ковшаря В.О. в частині оцінювання показників ефективності функціонування автоматизованої систем радіочастотного моніторингу (АС РЧМ) у смугах радіочастот загального користування за 2010-2012р. з прогнозом на 2013р. і рекомендацій щодо її удосконалення використані в виробничому процесі ДП УДЦР.

Комісія підтверджує, що в дисертаційній роботі Ковшаря В.О. на основі запропонованого просторово-частотного-часового підходу представлені в графічному та табличному вигляді результати розрахунків показників ефективності з радіоконтролю окремо для кожної із груп радіотехнологій, для кожної із задач, для стаціонарної та мобільної компонент, кожної із 25 регіональних підсистем радіомоніторингу (РП РЧМ) і АС РЧМ в цілому.

Отримані результати забезпечили об'єктивне й повноцінне оцінювання ефективності функціонування АС РЧМ з моніторингу реального стану використання загальними користувачами радіочастотного ресурсу України в 2010-2012 рр. Аналіз розрахованих показників ефективності дозволив виявити різні аспекти організації функціонування кожної РП РЧМ і АС РЧМ в цілому щодо радіомоніторингу кожної групи радіотехнологій та вирішенню кожного завдання, недостатність або надмірність відповідних засобів радіоконтролю в кожній РП РЧМ і спланувати заходи щодо їх удосконалення на наступних етапах розвитку АС РЧМ. Прогнозовані зазначені показники ефективності на 2013р. добре збігаються з практичними.

Акт складений для пред'явлення до спеціалізованої вченої ради з захисту дисертацій і не є підставою для фінансових розрахунків.

Голова комісії _____ Титаренко В.К.

Члени комісії _____ Корсак В.Ф.

ктн доцент _____ Благодарний В.Г.

квн доцент _____ Сідак А.С.

ДОДАТОК Б
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Калюжный Н.М. Системная методология оценивания эффективности функционирования национальных систем радиочастотного мониторинга на основе пространственно-частотно-временного подхода / Н.М. Калюжный, И.М. Николаев, В.А. Ковшарь // Прикладная радиоэлектроника- 2013, - Т.12, - № 3, - С. 375-386.

2. Калюжный Н.М. Методика оценивания эффективности функционирования системы мониторинга общих пользователей радиочастотного ресурса на основе пространственно-частотно-временного подхода. Часть 1 / Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшарь //Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. –2013, №172, - С. 160-169.

3. Калюжный Н.М. Методика оценивания эффективности функционирования системы мониторинга общих пользователей радиочастотного ресурса на основе пространственно-частотно-временного подхода. Часть 2/ Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшарь //Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб.–2013, - №173, - С. 101-109.

4. Калюжний М.М. Методический подход к оценке эффективности работы средств радиоконтроля по комплексному решению задач радиочастотного мониторинга/ М.М. Калюжний, О.І. Задонський, В.О. Ковшар // Системи озброєння і військова техніка. Науковий журнал –Х: Харківський Університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, - 2015, - Вип. 2(42), - С. 99-105.

5. Калюжный Н.М. Информационно-расчетная система и результаты оценивания эффективности функционирования системы радиочастотного мониторинга в полосах частот общего пользования / Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшарь // Системы обработки информации. Науковий журнал. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, - 2016, - Вип. 3(140), - С. 57-63.

6. Kalyuzhny N.M. Methodical Approach to Estimation of Effectiveness of the Radio Frequency Monitoring System / N.M. Kalyuzhny, A.I. Zadonskiy, V.A. Kovshar // International Journal of Science and Research (IJSR). – 2018. - Volume 7 Issue 3, - P. 899 – 905. DOI: 10.21275/ART2018659.

7. Yu Zheng. Multi-Criteria Selection of the Preferred Protocol of Routing in Ad-Hoc Networks by Hierarchies Analysis Method / Yu Zheng, V. Semenets, V. Bezruk, V. Kovshar, Guo Qiang // International Journal of Science and Research (IJSR). – 2019. - Volume 8, Issue 11,- P. 159-162. DOI: 10.21275/ART20202327.

8. Калюжный Н.М. Методика и результаты оценки пространственно-частотно-временных показателей эффективности функционирования системы радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, И.М. Николаев, А.М. Попов, В.А. Ковшар, А.И. Задонский, В.Г. Благодарный // 4-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». - Украина, Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 18-21 октября 2011,- Том I, Ч. 2, - С. 213-218.

9. Николаев И.М. Постановка и алгоритм решения задачи оценки эффективности региональной системы радиомониторинга / И.М. Николаев, А.И. Задонский, В.А. Ковшарь //Шоста наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору» -Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба,14-15 квітня 2010, - С. 187.

10. Калюжный Н.М. Автоматизация процессов и результаты анализа соответствия распределения полос радиочастот в Украине и Европейском Союзе / А.М.Попов, С.А.Галкин, В.А.Ковшарь // Шоста наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору», - Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 14-15 квітня 2010,- С. 186.

11. Калюжный Н.М. Методика и результаты оценки пространственно-частотно-временных показателей эффективности фунционирования системы радиочастотного мониторинга по решению основных задач / Н.М. Калюжный, С.А. Галкин, А.М. Попов, В.А. Ковшар // XVIII международная научно-техническая конференция «РАДИОЛОКАЦИЯ НАВИГАЦИЯ СВЯЗЬ»- Росийская Федерация, Воронеж, - 2013, - Т.3, - С. 1892-1903.

12. Калюжный Н.М. Разработка показателей эффективности функционирования региональных подсистем радиочастотного мониторинга по оценке реального состояния использования радиочастотного ресурса / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.А. Ковшарь // Сьома наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору» - Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 13-14 квітня 2011, - С. 232-233.

13. Калюжный Н.М. Технико-экономические показатели эффективности функционирования региональной системы радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.А. Ковшар, А.С. Бутченко // Сьома наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору»- Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 13-14 квітня 2011, - С. 233-234.

14. Ковшарь В.А. Оценивание показателей производственной мощности стационарных, мобильных и портативных средств технического радиоконтроля // 15-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке»- Україна, Харьков, ХНУРЭ, 10-12 апреля 2011, - Т3, - С.187-188.

15. Калюжный Н.М. Методический аппарат и программный комплекс оценивания эффективности функционирования системы радіочастотного мониторинга» / Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшар. //Восьма наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору» - Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 18-19 квітня 2012 року, С. 242-243.

16. Ковшарь В.А. Методика и алгоритм построения зон радиодоступности станций радиоконтроля // 16-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». - Украина, Харьков, ХНУРЭ, 17-19 апреля 2012,- Т. 3, - С. 177-178.

17. Калюжный Н.М. Оценивание эффективности работы разнотипных средств радиоконтроля при решении основных задач радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, В.А. Ковшар, А.И. Задонский, Н.Н. Скринник // V-й Международный Радиоэлектронный Форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» - Украина, Харьков, 14-17 октября 2014. - Т.1, - С. 274-277.

18. Калюжный Н.М. Способ и алгоритм оценивания зон электромагнитной доступности и совместимости широкодиапазонных средств радиоконтроля / Ковшар В.А., Коржуков К.Н., Галкин С.А. // V-й Международный Радиоэлектронный Форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» - Украина, Харьков, 14-17 октября 2014, - Т.1, - С. 265-269.

19. Калюжный Н.М. Результаты оценивания эффективности функционирования региональных подсистем радиочастотного мониторинга Украины / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.И. Колесник, В.А. Ковшарь // Дев'ята наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору»,- Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба,17-18 квітня 2013, - С. 362

20. Калюжный Н.М. Оценивание эффективности работы разнотипных средств радиоконтроля по ведению радиочастотного мониторинга / Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.А. Ковшарь // Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи» - Украина, Харьков, ХНУРЭ, 27 мая 2015 г., - С. 74-77.

21. Kalyuzhniy N.M. Ways of calculating the electromaggnetik field intensity for assessment of electromagnetic compatibility of radio-monitoring stations / Kalyuzhniy N.M., Chernov A.B., Semenov G.V., Galkin S.A., Kovshar V.A. // X Anniversary international conference on antenna theory and techniques (ICATT-2015) -Ukraine, Kharkiv, 21-24 April 2015, - P. 111-113.

22. Сенников В.Ю. Результаты создания информационного базиса спектральных масок передатчиков РЭС для автоматизации процесса радиомониторинга / В.Ю. Сенников, В.А. Ковшарь, М.В. Солнышков // 20-й Юбилейный Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», Україна, Харьков, ХНУРЭ, 19-21 апреля 2016, - С. 12-13.

23. Ковшар В.А. Информационно-расчетная система «Радиомониторинг-М»/ В.А. Ковшар, А.В. Хряпкин // Выставка технического творчества молодежи 19-го международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в 21 веке». Каталог выставки технического

творчества молодежи. - Украина, Харьков, ХНУРЭ, 12 апреля 2015, - С.20-22.

24. Калюжный Н.М. Сравнительный анализ методик расчета распространения радиоволн для практической реализации оценки электромагнитной совместимости / Н.М. Калюжный, А.Б. Чернов, А.В. Хряпкин, В.А. Ковшарь // «Проблеми ЕМС перспективних безпроводових мереж зв'язку - Україна, Харків, ХНУРЭ, 21-22 травня 2019, - С. 1-3.

25. Калюжний М.М. Комп’ютерна програма «Інформаційно-розрахункова система оцінювання та прогнозування показників ефективності функціонування при виконанні системою радіочастотного моніторингу України своїх основних завдань» / М.М. Калюжний, В.І. Колісник, О.І. Задонський, В.О. Ковшар, І.М. Ніколаєв, // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 53955 від 05.03.2014.

26. Калюжний М.М. Комп’ютерна програма «Інформаційно-розрахункова система моделювання і оцінювання можливостей систем радіочастотного моніторингу по територіально-частотному охвату радіоконтролем РЕЗ» / М.М. Калюжний, О.І. Задонський, В.І. Колісник, В.О. Ковшар, О.В. Хряпкін, С.О. Галкін, К.М. Коржуков // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 66935 від 29.07.2016.

27. Калюжний М.М. Комп’ютерна програма «Інформаційно-розрахункова система територіально-частотно-апаратного планування і оптимізації функціональної структури систем радіочастотного моніторингу радіочастотного ресурсу» / М.М. Калюжний, О.І. Задонський, В.І. Колісник, В.О. Ковшар, О.В. Хряпкін , С.О. Галкін, К.М. Коржуков // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 70086 від 26.01.2017.

28. Калюжний М.М. Спосіб імітаційного статистичного моделювання системи розпізнавання радіовипромінювальних об'єктів// М.М. Калюжний, І.М. Ніколаєв, О.В. Хряпкін, В.М. Безрук, С.О. Галкин, О.І. Задонський, В.О. Ковшар. Патент на корисну модель №135543 від 10.07.2019.