

УДК 621.396

Н.М. Калюжный, А.И. Задонский, В.А. Ковшарь

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СРЕДСТВ РАДИОКОНТРОЛЯ ПО КОМПЛЕКСНОМУ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ РАДИОЧАСТОТНОГО МОНИТОРИНГА

Обосновывается методический подход и показатели оценивания эффективности работы и использования разнотипных средств радиоконтроля (СРК) по комплексному решению производственно-технических задач радиомониторинга нормативного использования радиочастотного ресурса (РЧР). Подход базируется на предложенной авторами системной методологии пространственно-частотно-временного оценивания эффективности функционирования национальных систем радиочастотного мониторинга (СРЧМ) и показателях производительности и производственной мощности СРК с учетом технологического процесса ведения радиомониторинга. Приводятся результаты оценивания на основе экспериментальных данных производительностей всего парка СРК национальной СРЧМ общих пользователей РЧР и эффективности их функционирования и использования на примере работы за квартал Харьковской региональной подсистемой радиочастотного мониторинга (РП РЧМ). Даются рекомендации по практическому применению разработанных показателей оценивания и методического подхода в целом.

**Ключевые слова:** радиочастотный мониторинг, радиочастотный ресурс, средства радиоконтроля, радиотехнологии, производительность, производственная мощность, эффективность.

### Введение

В связи с быстрым технологическим развитием радиоэлектронной техники в мире, внедрением новых радиотехнологий и ростом числа радиоэлектронных средств (РЭС) остро встает проблема контроля параметров излучений таких средств в выделенных им полосах частот национального радиочастотного ресурса (РЧР). Важнейшим и наиболее эффективным инструментом в обеспечении контроля использования РЧР, легитимности работы РЭС и их электромагнитной совместимости являются национальные системы радиочастотного мониторинга (СРЧМ). Региональные подсистемы радиочастотного мониторинга (РП РЧМ), как составные части СРЧМ, решают задачи сбора, обработки, анализа и хранения данных о параметрах сигналов и характеристиках излучений РЭС с целью обобщения и оценивания реального состояния использования РЧР [3].

В настоящее время в Украине создана с использованием новых научных достижений в области техники и информационных технологий автоматизированная СРЧМ [3, 5]. Она является одной из мощнейших в Европе по составу и количеству СРК, уровню автоматизации и масштабам охвата национального РЧР по территории, пользователям и потребителям различных радиотехнологий сферы телекоммуникаций. Так, стационарной компонентой существующей топологии СРЧМ охвачена территория с общей численностью населения более 34 млн. чел. и 74 % РЭС от их общего количества в полосе частот от 30 МГц до 6 ГГц. С помощью мобильной компоненты радиомониторингом охвачено более

98 % базовых станций сотовой связи стандартов GSM900, GSM1800, CDMA800, UMTS и 76 % базовых станций широкополосного радиодоступа в полосе частот от 30 МГц до 6 ГГц и более 75 % РЭС в полосах частот от 6 ГГц до 40 ГГц.

Оценивание эффективности функционирования такой сложной СРЧМ, как материально-технической основы регулирования использования РЧР, с целью определения направлений дальнейшего её совершенствования является проблемной задачей. В работах [1, 2] представлены методология, единая система показателей и методический аппарат оценивания эффективности функционирования национальных СРЧМ на основе системного анализа сложных систем и предложенного пространственно-частотно-временного подхода. Источниками информации в разработанном научно-методическом аппарате являются средства радиоконтроля (СРК). Однако в данных работах не конкретизированы вопросы оценивания основополагающих показателей СРК, таких как производительность и производственная мощность. На основе данных показателей можно оценить эффективность работы и использования СРК, определяющих эффективность работы региональных подсистем РЧМ и СРЧМ в целом. Эта задача является актуальной для радиочастотных органов различных уровней и назначения.

**Целью статьи** является обоснование методического подхода и результаты оценивания показателей эффективности работы и использования разнотипных СРК по комплексному выполнению основных задач радиомониторинга для оптимизации их количественного и качественного состава в РП РЧМ.

## Основная часть

Под эффективностью работы СРК будем понимать отношение количественно выраженных результатов, полученных с помощью данного СРК за заданный период времени, к потенциальным или максимально возможным за тот же период.

Эффективность функционирования СРК в значительной степени зависит от его функциональных и технических возможностей, определяющих их производительность и производственную мощность при решении основных задач радиомониторинга [1]. Производительность и производственная мощность являются достаточно универсальными техническими показателями и позволяют отслеживать результаты производственной деятельности. В общем случае производительность и производственная мощность являются внесистемными величинами, определяют объем выполняемой работы или количество производимой продукции соответственно в единицу времени или за определенный период и зависят от процесса ведения радиомониторинга [3].

В соответствии с детерминированным пространственно-частотно-временным подходом к оцениванию эффективности функционирования СРЧМ [1] производительность СРК в общем виде определяется выражением

$$\Pi = \Delta S_k \cdot \Delta F_k \cdot (\Delta T_k / T), \quad (1)$$

где  $\Delta S_k$ ,  $\Delta F_k$  и  $\Delta T_k$  – контролируемая территория, частотный диапазон и время контроля;

$T$  – период времени (час, смена, сутки).

Тогда производственную мощность СРК можно оценить как

$$\pi = \Pi \cdot T^{\text{пл.к}}, \quad (2)$$

где  $T^{\text{пл.к}}$  – плановое время радиоконтроля (месяц, квартал, год).

Технология использования СРК в процессе радиомониторинга зависит от контролируемой радиотехнологии, характера решаемых задач, уровня автоматизации их решения и квалификации операторов.

В соответствии с [4] Государственное предприятие «Украинский государственный центр радиочастот» осуществляет плановый периодический (ежемесячный) технический радиоконтроль излучений РЭС  $j=23$  радиотехнологий общего пользования в течение  $T^{\text{пл.к}} = 21$  рабочего дня при продолжительности рабочей смены  $T^{\text{см}} = 8$  часов с предоставлением ежемесячной и обобщенной ежеквартальной электронной отчетности за  $3T^{\text{пл.к}} = 63$  рабочих дня. При этом решаются следующие задачи радиомониторинга с количественно выраженными результатами  $N_z$ :

$z=1$  – контроль соответствия параметров излучений зарегистрированных РЭС нормативным документам;

$z=2$  – контроль занятости полос радиочастот;

$z=3$  – выявление незаконно действующих передатчиков (НДП);

$z=4$  – выявление источников радиопомех (ИРП).

Для их решения в РП РЧМ полностью или частично используется совокупность стационарных, мобильных и транспортируемых (носимых) СРК, включающая  $k = 14$  типам. Данные типы СРК представлены в табл. 1 с указанием их назначения и степени мобильности согласно [3]. Подробные технические характеристики указанных СРК можно найти в справочниках по радиомониторингу [5] и на сайтах фирм-производителей.

Таблица 1

Перечень используемых средств радиоконтроля

№ (k)	Тип СРК	Назначение	Мобильность
1	PM-172	Обнаружения и технического радиоконтроля (ОТРК)	Стационарные
2	PM-2500P	Общего	
3	АИК-С		
4	АИК-СП(СП6)	ОТРК	
5	UMS-100		
6	PM-1300 XX	Общего	Мобильные
7	PM-1300-2P3		
8	PM-1300-P3/5	Специализированные	
9	PM-1300-P3/5M		
10	Romes-3NG	ОТРК	Транспортируемые
11	Нагляд А6		
12	«Anritsu»	Анализаторы спектра	
13	«Advantes»		
14	ССТК	Измерительная лаборатория	Мобильное

Достаточно широкая номенклатура используемых СРК обусловлена их целевыми применениями для решения разнотипных задач по разнотипным радиотехнологиям, требующими проведения различного числа операций и различных методов радиоконтроля. Вследствие этого производительность и производственная мощность одного и того же СРК при решении разных задач и радиоконтроле излучений РЭС разных радиотехнологий будет различной.

В этой связи целесообразно воспользоваться предложенным в [3] разбиением радиотехнологий на классы (группы), радиоконтроль излучений РЭС которых может обеспечиваться однотипными СРК. К этим классам относятся:

$j=1$  – традиционные радиотехнологии (аналоговое телевизионное и звуковое вещание, транкинговая и аналоговая УКВ радиосвязь, передача данных и др., всего  $I_1=12$ ), для радиоконтроля которых предназначены стационарные СРК в зонах их электромагнитной доступности (ЭМД) и мобильные СРК общего назначения вне зон ЭМД стационарных;

$j=2$  – радиотехнологии сотовой связи типа GSM, CDMA, UMTS, DAMPS и DECT ( $I_2=4$ ), для

радиоконтроля которых разработаны специализированные мобильные СРК с определителями радиоканалов базовых станций;

$j=3$  – радиотехнологии широкополосного, мультимедийного и мультисервисного радиодоступа ( $I_3=2$ ), для радиоконтроля которых предназначены транспортируемые мобильными средствами переносные станции Romes-3NG и Нагляд А6;

$j=4$  – радиотехнологии радиолокации и радионавигации, радиорелейной, спутниковой и КВ радиосвязи ( $I_4=5$ ), для радиоконтроля которых предназначены спектраллизаторы, транспортируемые мобильными средствами.

Однако, в силу многих факторов (географических, экономических, временных) реально СРК используются комплексно для радиоконтроля нескольких классов радиотехнологий. Так, в частности, с целью экономии материальных и временных ресурсов мобильные СРК, следуя по разработанному маршруту, контролируют излучения РЭС, относящиеся к первому и второму классу радиотехнологий. При этом производительность мобильных СРК по этим радиотехнологиям будет разной. Кроме того, в течение периода планового контроля  $T^{пл.к}$  отдельные типы СРК могут участвовать в решении не всех, а только части задач радиомониторинга.

С учетом изложенного и в соответствии с (1) среднюю (обобщенную) по задачам и классам радиотехнологий производительность СРК  $k$ -го типа в определенном пространственно-частотно-временном континууме можно представить в виде матрицы размера ( $Z \times J = 4 \times 4$ ):

$$\Pi_k = \sum_{z=1}^Z \sum_{j=1}^J \rho_{kzj} \frac{\Delta S_{kzj}^k \cdot \Delta F_{kzj}^k \cdot \Delta T_{kzj}^k}{T} = \sum_{z=1}^Z \sum_{j=1}^J \rho_{kzj} \cdot \Pi_{kzj}, \quad (3)$$

где  $\rho_{kzj}$  – весовой коэффициент важности решения  $z$ -й задачи по контролю РЭС, относящихся к  $j$ -ому классу радиотехнологий, причем  $\sum_{z=1}^Z \sum_{j=1}^J \rho_{kzj} = 1$ ;  $\Pi_{kzj}$  – частные производительности СРК по соответствующей задаче и классу радиотехнологий;  $\Delta S_{kzj}^k \cdot \Delta F_{kzj}^k \cdot \Delta T_{kzj}^k$  – пространственно-частотно-временной континуум, включающий зону электромагнитной доступности (ЭМД) СРК, контролируемый частотный диапазон и время их контроля.

Реальная производительность СРК находится в зависимости от количества (плотности) РЭС в контролируемой зоне, плотности рабочих частот в контролируемом диапазоне, времени выполнения целевой задачи и выбранного периода времени.

Радиомониторинг является комплексным процессом, на который оказывают влияние множество факторов детерминированного и случайного характера, что, в свою очередь, оказывает влияние на продолжи-

тельность выполнения отдельных операций радиоконтроля. Для их статистического усреднения целесообразно в соответствии с нормативным документом [4] выбрать директивный период времени  $T = T^{cm}$ .

Учтем плотности распределения РЭС контролируемых групп радиотехнологий по территории в пределах зоны ЭМД  $p_{N_j}(x, y)$  и в частотном диапазоне  $p_{N_j}(\Delta f_j)$ . Эти величины можно получить на основе предварительного анализа радиоэлектронно-объектовой обстановки (РЭОО) контролируемой зоны или региона по базе данных частотных присвоений. При этом относительные части контролируемых РЭС по радиотехнологиям за рабочую смену могут быть определены как

$$N_{zj}^k = \int_{\Delta S_k} p_j(x, y) dx dy \int_{\Delta F_k} p_j(\Delta f) df.$$

Соответственно частные производительности СРК по соответствующей задаче и радиотехнологии в (3) будут описываться выражением

$$\Pi_{kzj} = N_{zj}^k \cdot \Delta T_{kzj} / T^{cm}. \quad (4)$$

При  $\Delta T_{kzj} = T^{cm}$  выражение (4) определяет потенциальную производительность  $\Pi_{kzj}^n$  СРК  $k$ -го типа при выполнении  $z$ -й задачи по РЭС  $j$  – класса радиотехнологии за рабочую смену. Следует учитывать, что при практическом использовании СРК всегда имеют место как производительные, так и непроизводительные затраты времени, т.е.

$$\Delta T_{kzj} = \Delta T_{kzj}^{np} + \Delta T_{kzj}^{непр}. \quad (5)$$

Определив производительные и непроизводительные затраты времени, несложно в соответствии с (4) найти реальную производительность  $\Pi_{kzj}^p$  для тех же условий. Реальная производительность каждого типа СРК по контролю излучений РЭС  $j$ -го класса радиотехнологий за рабочую смену при решении первых двух задач используется в методике расчета эффективности радиоконтроля РП РЧМ и СРЧМ в целом [2].

Принимая во внимание, что за плановый период СРК  $k$ -го типа может выполнять все задачи и осуществлять радиоконтроль излучений РЭС всех групп радиотехнологий, его обобщенную реальную и потенциальную производственные мощности найдем, подставив (3) в (2)

$$\pi_k = \sum_{z=1}^Z \sum_{j=1}^J \rho_{kzj} \cdot \Pi_{kzj} \cdot T_{kzj}^{пл.к}, \quad (6)$$

где  $\Pi_{kzj} = \Pi_{kzj}^p$  или  $\Pi_{kzj}^n$ , рассчитываемые по выражению (4);  $T_{kzj}^{пл.к}$  – количество рабочих смен вы-

полнения  $z$ -й задачи по радиоконтролю излучений РЭС  $j$ -го класса радиотехнологии.

Тогда показатель эффективности работы СРК  $k$ -го типа по решению всех или части задач и радиоконтролю всех или части радиотехнологий может быть определен по соотношению реальной и потенциальной производственных мощностей

$$E_{kzj}^{\text{пл.к}} = \frac{\pi_k^{\text{р}}}{\pi_k^{\text{п}}} \quad (7)$$

где  $\pi_k^{\text{р}}$  и  $\pi_k^{\text{п}}$  – соответственно реальная и потенциальная производственные мощности.

При этом критерием эффективности является условие  $E_k \geq E_k^{\text{тп}}$ , где  $E_k^{\text{тп}}$  – требуемая эффективность производственной мощности.

По многим причинам объективного и субъективного характера (неисправности аппаратуры контроля и транспортных средств мобильных СРК, избыточность некоторых типов СРК, недостаточная квалификация обслуживающего персонала и др.) некоторые типы СРК не могут быть использованы для выполнения задач радиомониторинга весь плановый период  $T^{\text{пл.к}}$ . Для выявления конкретных причин такого характера целесообразно ввести показатель и критерий эффективности использования СРК.

В качестве такого показателя предлагается коэффициент (показатель эффективности) использования существующего парка СРК.

$$E_k^{\text{и}} = \frac{\sum_{z=1}^Z \sum_{j=1}^J T_{kzj}^{\text{пл.к}}}{T^{\text{пл.к}}} \quad \text{и} \quad E_k^{\text{и}} \geq E_k^{\text{и.тп}} \quad (8)$$

Оценивание показателей производительности (4) и показателей эффективности (7), (8) имеет важное практическое значение. Использование показателя (4) позволяет провести сравнительный анализ возможностей всех типов СРК по эффективности решения каждой задачи и радиомониторингу РЭС каждой группы радиотехнологий. С помощью показателя (7) можно оценить эффективность работы каждого СРК в РП РЧМ за плановый период. Совместное использование показателей (7) и (8) позволяет разработать направления совершенствования (оптимизации) структуры РП РЧМ (состава, типажа, размещения стационарных и маршрутов мобильных СРК).

Продemonстрируем практическую направленность изложенного методического подхода к оценке эффективности работы и использования существующего парка СРК в региональных подсистемах национальной СРЧМ общих пользователей РЧР.

Исходя из (5) необходимо определить и рассчитать производительные и непроизводительные затраты времени при выполнении СРК задач радиомониторинга. В соответствии с [4] совместно со специалистами

ДП «Украинский государственный центр радиочастот» было определено, что общие непроизводительные затраты времени включают в себя:

- время  $\Delta T^{\text{п3}}$  постановки заданий операторам на смену;
- время  $\Delta T^{\text{кф}}$  на проведение контроля функционирования СРК;
- время  $\Delta T^{\text{дв}}$  движения к месту проведения радиоконтроля;
- время  $\Delta T^{\text{р3}}$  на развертывание/свертывание СРК;
- время  $\Delta T^{\text{оо}}$  на окончательную обработку результатов радиомониторинга.

С учетом технологии использования СРК непроизводительные затраты времени для стационарных, мобильных и портативных СРК будут отличаться. Непроизводительные затраты времени для стационарных СРК рассчитываются как

$$\Delta T_{kzj}^{\text{непр.стат}} = \Delta T_{kzj}^{\text{п3}} + \Delta T_{kzj}^{\text{кф}} + \Delta T_{kzj}^{\text{оо}} \quad (9)$$

Непроизводительные затраты времени для мобильных и портативных СРК определяются следующими временными параметрами

$$\Delta T_{kzj}^{\text{непр.моб}} = \Delta T_{kzj}^{\text{п3}} + \Delta T_{kzj}^{\text{кф}} + \Delta T_{kzj}^{\text{оо}} + \Delta T_{kzj}^{\text{дв}} + \Delta T_{kzj}^{\text{р3}} \quad (10)$$

При этом необходимо учитывать также то, что не все мобильные СРК нуждаются в развертывании аппаратуры на местности и могут осуществлять выполнение необходимых функциональных операций в автоматическом режиме во время движения. В этом случае время  $\Delta T_{kzj}^{\text{р3}} = 0$ .

К производительным затратам времени на радиомониторинг излучения одного РЭС стационарными, мобильными и портативными СРК были отнесены:

- время  $\Delta T_{kzjl}^{\text{ри}}$  на выполнение операций по радиоконтролю излучения;
- время  $\Delta T_{kzjl}^{\text{фп}}$  на формирование электронного протокола измерений;
- время  $\Delta T_{kzjl}^{\text{по}}$  на первичную обработку результатов.

Соответственно общие производительные затраты времени для всех типов СРК равны

$$\Delta T_{kzjl}^{\text{пр}} = \Delta T_{kzjl}^{\text{ри}} + \Delta T_{kzjl}^{\text{фп}} + \Delta T_{kzjl}^{\text{по}} \quad (11)$$

Для проведения соответствующих расчетов в Харьковской РП РЧМ было проведено хронометрирование производительных и непроизводительных временных затрат в соответствии с (9) – (11). В табл. 2 для примера представлены статистически усредненные результаты измерения указанных временных затрат при решении первой задачи, приведенными выше типами СРК.

При этом в таблице объединены в группы разнотипные СРК, которые осуществляют мониторинг излучений РЭС одинаковых классов радиотехнологий. Общие производительные затраты времени  $\Delta T_{k1j}^{np}$  на решение первой задачи в течении смены

$T^{cm}$  определены, исходя из табл. 2 по выражению (5).

Аналогичное оценивание и расчеты производительных затрат времени были проведены по выполнению операций радиомониторинга различным типам СРК при решении второй задачи ( $z=2$ ).

Таблица 2

Результаты хронометрирования производительных и непроизводительных затрат времени по первой задаче за рабочую смену

	Типы СРК	PM-172 PM-2500P АИК-С АИК-СП (АИК-СП6)	UMS- 100	PM-1300 XX PM-1300-2P3 PM-1300-P3/5 PM-1300-P3/5M		Romes-3NG Нагляд А6	«Anritsu» «ADVANTE ST»	ССТК	
		Классы радиотехнологий	j=1	j=1	j=1	j=2	j=3	j=4	j=1
Производительные затраты времени	$\Delta T_{k1j}^{pk}$ , мин.	25	60	10	12	33	33	22	22
	$\Delta T_{k1j}^{fp}$ , мин.	5	10	4	4	27	27	15	15
	$\Delta T_{k1j}^{po}$ , мин.	5	10	10	10	10	10	10	10
	<b>Всего, <math>\Delta T_{k1z}^{np}</math></b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>47</b>	<b>47</b>
Непроизводительные за- траты времени	$\Delta T^{pz}$ , мин.	40	40	60	60	40	40	45	45
	$\Delta T^{kf}$ , мин.	10	10	10	10	10	10	10	10
	$\Delta T^{db}$ , мин.	0	0	45	45	40	40	45	45
	$\Delta T^{pc}$ , мин.	0	0	0	10	10	10	30	30
	$\Delta T^{oo}$ , мин.	10	10	15	15	15	15	15	15
	<b>Всего <math>\Delta T_{kzj}^{nep}</math></b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>130</b>	<b>130</b>	<b>115</b>	<b>115</b>	<b>145</b>	<b>145</b>

При выполнении СРК задач  $z=3$  и  $z=4$  существует ряд факторов, затрудняющих оценивание производительных временных затрат:

- периодичность радиоконтроля;
- априорная неопределенность относительно времени работы, частотных характеристик излучения и места расположения НДП и ИРП;
- необходимость привлечения для определения местоположения НДП или ИРП 2 – 3 стационарных и/или мобильных СРК.

Данные факторы существенно увеличивают производительные временные затраты на выявление НДП и ИРП, которые могут составлять от нескольких часов до нескольких рабочих смен. В связи с этим, на основе статистического усреднения итогов решения этих задач РП РЧМ за отчетные периоды было определено, что потенциально за рабочую смену два СРК могут выявить один НДП или один ИРП.

В табл. 3 приведены оценки реальной и потенциальной производительностей СРК за рабочую смену для  $z=1$  и  $z=2$  и всех классов радиотехнологий ( $J=4$ ) с учетом технологического процесса их радиомониторинга, рассчитанные с помощью выражения (4) по полученным данным производительных и непроизводительных временных затрат. Потенциальные производительности СРК по выполнению задач  $z=3$  и  $z=4$  определяются на основе изложен-

ных выше соображений, а реальные – по результатам выявленных НДП и ИРП.

Оценки реальных производительностей иллюстрируют возможности каждого типа СРК по радиомониторингу излучений РЭС за рабочую смену по каждой задаче и классу радиотехнологий. Отметим, что классы радиотехнологий включают в свой состав все  $I=23$  типа, эксплуатируемых на территории Украины. Из таблицы следует, что неизбежные для технологического процесса радиомониторинга непроизводительные затраты времени снижают реальную производительность СРК на 15 – 25% по сравнению с потенциальной.

Поскольку обобщенным отчетным периодом работы РП РЧМ и СРЧМ в целом является квартал, то производственные мощности и эффективность работы разнотипных СРК целесообразно оценивать за данный период. На основе анализа квартальной электронной отчетности было выявлено, что в различных РП РЧМ количество смен использования СРК для выполнения одних и тех же задач может существенно отличаться. Это обусловлено различным количеством зарегистрированных РЭС в регионах и различной комплектацией парка СРК в РП РЧМ. Поэтому, несмотря на одинаковую производительность, производственные мощности и эффективность работы СРК будут различными от региона к региону.

Таблица 3

Результаты расчета  
реальной и потенциальной производительностей СРК по задачам за рабочую смену

	Типы СРК	PM-172 PM-2500P АИК-С АИК-СП (АИК-СП6)	UMS-100	PM-1300 XX PM-1300-2P3 PM-1300-P3/5 PM-1300-P3/5M		Romes-3NG Нагляд А6	«Anritsu» «ADVANTEST»	ССТК	
				j=1	j=2			j=1	j=4
	Классы радиотехнологий	j=1	j=1	j=1	j=2	j=3	j=4	j=1	j=4
z=1	$\Pi_{klj}^p$	12	5	15	13	6	4	6	7
	$\Pi_{klj}^n$	14	6	20	18	8	6	8	10
z=2	$\Pi_{k2j}^p$	12	6	34	8	5	5	8	4
	$\Pi_{k2j}^n$	14	8	39	10	7	7	10	6

С целью получения окончательного результата по предложенному методическому подходу проведем для примера оценку эффективности использования и работы всего парка СРК Харьковской РП

РЧМ по выполнению всех задач радиомониторинга за первый квартал 2012 года. В табл. 5 приведены отчетные данные сменности работы СРК по каждой задаче и за весь период.

Таблица 4

Сменность работы СРК в Харьковской РП РЧМ за первый квартал 2012 года

Задачи РЧМ	Порядковый 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
Всего	54	48	54	54	20	60	57	54	60	56	56	54	57	54

Учитывая директивное время работы за квартал  $3T^{пл.к} = 63$  рабочих смены по выражению (8) и данным табл. 4 несложно оценить показатели эффективности использования СРК за указанный период. По данным производительности СРК (табл. 3) и сменности работы СРК за квартал (табл. 4) на основании выражений (6), (7) могут быть оценены соответственно производственная мощность и эффективность работы каждого типа СРК за квартал.

В табл. 5 представлены результаты оценивания эффективности работы и использования парка СРК Харьковской РП РЧМ по радиомониторингу излучений РЭС 23 радиотехнологий в рассматриваемом квартале. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой эффективности работы и использования всех СРК за исключением СРК UMS-100, низкие показатели которого обусловлены малой зоной ЭМД из-за низкой чувствительности.

Таблица 5

Эффективности работы и эффективности использования СРК в Харьковской РП РЧМ

№ п/п	Показатели СРК	$\pi_k^p$ за квартал (шт)	$\pi_k^n$ за квартал (шт)	$E_{kzj}^{пл.к}$	$E_k^n$
		Z=4	Z=4	Z=4	Z=4
1	PM-172	594	677	0,86	0,86
2	PM-2500P	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	PM-1300 XX	1657	2184	0,76	0,95
7	PM-1300-2P3	1578	1940	0,77	0,91
8	PM-1300-P3/5	1494	1836	0,76	0,76
9	PM-1300-P3/5M	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

Аналогичное поквартальное оценивание эффективности работы и использования СРК за 2011-2013 годы было проведено для всех на тот период времени 26 РП РЧМ национальной СРЧМ общих пользователей РЧМ. Анализ полученных результатов позволил выявить проблемные моменты по использованию и комплектации СРК в РП РЧМ и спланировать мероприятия по оптимизации их качественного и количественного состава.

Данные результаты были использованы также для оценивания в соответствии с методикой [2] по каждой РП РЧМ производственных и интегральных показателей эффективности выполнения каждой задачи, радиомониторинга каждого класса радиотехнологий, ведения процесса радиомониторинга стационарной, мобильной составляющими и всей подсистемой. На основе их анализа были разработаны и обоснованы рекомендации по дальнейшему совершенствованию РП РЧМ и СРЧМ в целом.

### Заключение

В статье представлен разработанный методический подход с единой системой показателей к оцениванию производственных возможностей и эффективности работы СРК по радиомониторингу нормативного использования зарегистрированными РЭС национального радиочастотного ресурса.

Методический подход базируется на предложенной авторами системной методологии пространственно-частотно-временного оценивания эффективности функционирования национальных СРЧМ [1]. Он применим для оценивания эффективности работы и использования СРК радиочастотными ор-

ганами, как общего, так и специального назначения с учетом специфических особенностей их работы.

В целом практическая направленность предложенного методического подхода к оцениванию эффективности работы и использования СРК заключается в повышении эффективности планирования и ведения процесса радиомониторинга.

### Список литературы

1. Калюжный Н.М. Системная методология оценивания эффективности функционирования национальных систем радиочастотного мониторинга на основе пространственно-частотно-временного подхода / Н.М. Калюжный, П.В. Слободянюк, В.Г. Благодарный // Прикладная радиоэлектроника. – 2013. – Вып. 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 // Н.М. Калюжный, А.М. Попов, В.А. Ковшарь // Радиотехника: – 2013. – Ч. 1. – Вып. 172. – С. 160-169; Ч. 2. – Вып. 173. – С. 101-109.
3. Слободянюк П.В. Радиомониторинг: вчера, сегодня, завтра (теория и практика построения системы радиомониторинга) / П.В. Слободянюк, В.Г. Благодарный. – Прилуки: Аір-Поліграф, 2010. – 296 с.
4. Система управління якістю. Виконання робіт з технічного радіоконтролю параметрів випромінювання РЕЗ (ВП). Інструкція І-3.4.3/01-09. Редакція 01. (Введена наказом УДЦР від 19.11.2009 № 522).
5. Довідник з радіомониторингу / Під ред.. П.В. Слободянюка. – Ніжин: Фспект-Поліграф», 2008. – 588 с.

Поступила в редакцію 14.04.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Карташов, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

### МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАСОБІВ РАДІОКОНТРОЛЮ З КОМПЛЕКСНОГО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ РАДІОЧАСТОТНОГО МОНІТОРИНГУ

М.М. Калюжний, О.І. Задонський, В.О. Ковшар

*Обґрунтовується методичний підхід і показники оцінювання ефективності роботи та використання різномісних засобів радіоконтролю з комплексного вирішення виробничо-технічних завдань радіомониторингу нормативного використання радіочастотного ресурсу. Підхід базується на запропонованій авторами системній методології просторово-частотно-часового оцінювання ефективності функціонування національних систем радіочастотного моніторингу і показників продуктивності і виробничої потужності СРК з урахуванням технологічного процесу ведення радіомоніторингу. Наводяться результати оцінювання на основі експериментальних даних продуктивностей всього парку СРК національної СРЧМ загальних користувачів РЧР та ефективності їх функціонування і використання на прикладі роботи за квартал Харківської регіональної підсистемою радіочастотного моніторингу (РП РЧМ). Даються рекомендації щодо практичного застосування розроблених показників оцінювання та методичного підходу в цілому.*

**Ключові слова:** радіочастотний моніторинг, радіочастотний ресурс, засоби радіоконтролю, радіотехнології, продуктивність, виробничі потужності, ефективність.

### THE METHODOLOGICAL APPROACH TO ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF WORK OF THE RESOURCE OF RADIO CONTROL ON COMPREHENSIVE TASK SOLUTIONS OF RADIO FREQUENCY MONITORING

N.M. Kalyuzhniy, A.I. Zadonskiy, V.A. Kovshar

*The methodical approach and the indications of the evaluation of the efficiency of performance and application of the differently-typed radio control devices (RCD) are evaluated in the complex solution of production and technical tasks of the radio monitoring of the standard employment of the radio frequency resource. The approach is based on the methodology proposed by the authors system of space-time-frequency estimation of efficiency of functioning of the national radiofrequency monitoring systems and the indicators of performance and capacity of RCD, taking into account the technological process of conducting radio monitoring. We are giving results of evaluation based on experimental performance data of all RCD of national RFMS general users of RFR and the efficiency of their operation based on example of quarterly functioning of the Kharkiv regional radiofrequency spectrum monitoring subsystem. We are also giving recommendations on practical use of developed indicators of evaluation and methodological approach as whole.*

**Keywords:** radiofrequency monitoring, radio-frequency resource, radiotechnology, performance, capacity, efficiency.