

# Зв'язок, радіотехніка, радіолокація, акустика та навігація

УДК 623.765.4

DOI: 10.30748/zhups.2018.55.10

Г.В. Акулінін, Т.М. Рзаєв, С.В. Бойко, В.В. Воїнов

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## ВИРІШЕННЯ ОКРЕМИХ ПИТАНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ТА ЗАВАДОЗАХИСТУ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПІДРОЗДІЛУ ППО СВ

*У статті описано один з методів забезпечення електромагнітної сумісності радіоелектронних систем і засобів шляхом впровадження організаційних та технічних заходів на підставі складення картки – номограм для конкретного радіолокаційного комплексу та радіолокаційних засобів, що знаходяться поряд з позицією. Проведено аналіз структури радіолокаційних підрозділів, що входять до складу військ протиповітряної оборони Сухопутних військ, визначені їх основні проблеми електромагнітної сумісності. Для вирішення вказаних питань застосовано графоаналітичний метод. Результатом застосування запропонованого методу є вироблення пропозицій щодо частотно-територіального рознесення (розміщення). Запропонований метод може бути використаний під час аналізу можливостей розміщення радіолокаційних підрозділів військ ППО СВ, зокрема у зоні проведення антитерористичної операції (АТО).*

**Ключові слова:** електромагнітна сумісність, протиповітряна оборона Сухопутних військ, частотно-територіальне рознесення.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Електромагнітна сумісність (ЕМС) – це здатність радіоелектронних засобів (РЕЗ) і випромінювальних пристроїв одночасно функціонувати з необхідною якістю в реальних умовах експлуатації з врахуванням впливу невідомих радіозавад, не створюючи при цьому неприпустимих радіозавад іншим радіоелектронним засобам [4]. Проведення аналізу електромагнітної сумісності РЕЗ на сьогодні є актуальним при проведенні розрахунку частотних присвоєнь та визначається чинним законодавством [16]. Проблема ЕМС РЕЗ може вирішуватися двома шляхами: реалізацією комплексу технічних заходів; реалізацією комплексу організаційних заходів.

Забезпечення електромагнітної сумісності РЕЗ в районі розташування підрозділу ППО СВ є одним із заходів радіоелектронного захисту та завадозахисту. Вирішення цієї задачі ґрунтується на всебічному аналізі радіоелектронної обстановки на позиції підрозділу ППО СВ та проведенні певних заходів, які ґрунтуються на використанні різноманітних аналізів і методик.

На основі аналізу сучасних заходів електромагнітної сумісності та експериментальних досліджень [5–6], розроблені практичні, науково обґрунтовані рекомендації щодо підвищення рівня стабільності функціонування радіолокаційного озброєння засобів ППО СВ.

**Метою статті** є надання практичних, науково-обґрунтованих рекомендацій щодо здійснення захо-

дів електромагнітної сумісності радіотехнічних та радіолокаційних засобів військ ППО СВ.

**Аналіз останніх досліджень.** Проведення аналізу електромагнітної сумісності (ЕМС) радіоелектронних засобів (РЕЗ), на сьогодні, є актуальним при проведенні розрахунку частотних присвоєнь та визначається чинним законодавством [1–3], а також застосовується при організації взаємодії всередині радіолокаційного підрозділу та між підрозділами, що діють поруч.

В складі системи протиповітряної оборони Сухопутних військ (ППО СВ) використовуються радіолокаційні комплекси (РЛК) для своєчасного виявлення засобів повітряного нападу, ведення радіолокаційної розвідки, оповіщення військ про повітряного противника. Також, їх завданням є видача інформації про повітряні цілі, що супроводжуються, на командні пункти (КП) окремих радіотехнічних батальйонів (ортб), радіолокаційних рот (рлр), взводів (рлв), та надання бойової інформації на командні пункти частин і підрозділів. Безпосередньо у складі мотопіхотних, механізованих та танкових бригад діє батарея управління і радіолокаційної розвідки (бу-ірлр), що призначення для ведення радіолокаційної розвідки, оповіщення та управління вогнем підрозділів ППО СВ, омбр, (отбр).

Радіотехнічні підрозділи (радіолокаційна рота, взвод, обслуга) є основними тактичними розвідувальними підрозділами військ ППО та здатні виявляти та розпізнавати повітряні цілі безперервно визначати їх координати та характеристики,

основні напрямки і побудову нальотів повітряного противника.

На озброєнні може знаходитись до 3–4 радіолокаційних комплексів (РЛК) і радіолокаційних станцій (РЛС) різних діапазонів хвиль і від 2 до 4 рухомих радіовисотоміра (РРВ).

Бойовий порядок повинен відповідати поставленій бойовій задачі, замислу бойового застосування і забезпечувати певні вимоги: максимальну реалізацію бойових можливостей, стійке управління.

Відомо, що основним змістом проблеми електромагнітної обстановки РЕЗ є виключення або зниження рівня ненавмисних перешкод, тобто забезпечення ЕМС.

Але існує багато факторів, що обумовлюють значні труднощі у рішенні проблеми ЕМС РЕЗ на позиції радіотехнічного підрозділу, до яких наприклад відноситься складність прогнозування і виключення ненавмисних перешкод в міжвидових угрупованнях військ. Це пов'язано з необхідністю досить строгого обліку великої кількості вихідних даних, багато з яких носять випадковий характер, а також з тим, що джерела й об'єкти впливу ненавмисних перешкод можуть бути не тільки нерухомі наземні, але і корабельні РЕЗ, бортові РЕЗ літаків і вертольотів, штучних супутників Землі тощо.

## Виклад основного матеріалу

### Критерії забезпечення електромагнітної сумісності радіоелектронних систем і засобів

При оцінці та прогнозуванні радіоелектронної обстановки та підготовці пропозицій щодо сумісного використання РЕЗ виникає необхідність мати методику інженерних розрахунків для рішення основних практичних задач, пов'язаних з забезпеченням ЕМС радіолокаційних систем і засобів на позиції радіотехнічного підрозділу. Взагалі, оцінка електромагнітної сумісності полягає в виявленні (відборі) потенційно-несумісних радіоелектронних систем і засобів. Розглянемо порядок оцінки ЕМС РЕЗ графоаналітичним способом.

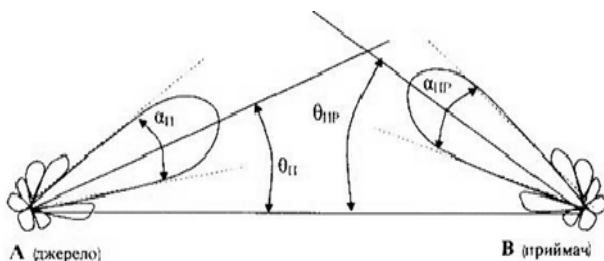


Рис. 1. Взаємне миттєве розміщення двох РЛС

На рис. 1. показана миттєва картина розміщення двох діаграм спрямованості РЛС при сумісній роботі в районі розташування радіотехнічного підрозділу при «дуельній» ситуації впливу ненавмис-

них перешкод. В точці В розташована РЛС, яка здійснює прийом корисних сигналів. На вхід приймального пристрою цієї радіолокаційної станції наряду з корисними сигналами можуть поступати також сигнали випромінювання радіолокаційної станції, яка розташована в точці А, яка в даному випадку є потенційним джерелом перешкодових сигналів. При цьому, один із засобів вважається передавачем ненавмисної перешкоди, інший – приймачем. Бачимо типову «дуельну ситуацію»; де виявлення потенційно-несумісних РЕЗ проводиться на основі послідовного розгляду критеріїв:

- часового;
- частотного;
- енергетичного.

При розгляді часового критерію потенційно-несумісними РЕЗ вважають такі засоби (системи), які вмикаються у випадкові моменти часу. Для виявлених потенційно-несумісних РЕЗ (за часовим критерієм) проводиться оцінка ЕМС за частотним критерієм. Потенційно-несумісними РЕЗ за частотним критерієм вважають такі РЕЗ, які працюють на співпадаючих (або близьких за своїм значенням) робочих частотах, при якому відбувається хоча б часткове перекриття смуг робочих частот (з урахуванням небажаних випромінювань передавача та побічних каналів прийому приймача). Для виявлення потенційно-несумісних РЕЗ (за частотним критерієм) виникає необхідність провести оцінку ЕМС за енергетичним критерієм. Розгляд енергетичного критерію полягає в визначенні потужності заважаючих сигналів від джерела ненавмисних перешкод на вході приймального пристрою радіолокаційної станції.

### Частотно-територіальне рознесення, як спосіб забезпечення електромагнітної сумісності радіоелектронних систем та засобів

Частотно-територіальне рознесення (ЧТР), як спосіб забезпечення ЕМС РЕЗ, полягає у встановленні:

- необхідних частотних розузгоджень між потенційно-несумісними РЕЗ при заданих (відомих) відстанях між РЕЗ і взаємних орієнтаціях їх діаграм спрямованості антен (ДСА);
- необхідної взаємної орієнтації ДСА РЕЗ при заданих значеннях їх частотних розузгоджень і взаємних віддаленнях РЕЗ.

Норми частотно-територіального рознесення розраховуються для потенційно-несумісних радіоелектронних засобів з урахуванням можливого діапазону змін їх технічних параметрів (перелаштування за діапазоном частот, зміни потужності і т.п.). Основне обмеження при розрахунках норм ЧТР полягає у тому, що властивості місцевості, що екранують, і навколишніх предметів не враховуються. Ці обставини дозволяють підходити до розрахункових норм ЧТР РЕЗ як до таких, що мають рекомендаційний характер.

В роботі запропонований алгоритм розрахунку норм ЧТР РЕЗ, який полягає в наступному:

– за наявною експериментальною або розрахованою амплітудно-частотною характеристикою приймача одного з РЕЗ і спектральною щільністю потужності випромінювання передавача іншого РЕЗ, визначається можливість збігу основного (або не основного) каналу прийому з основним випромінюванням передавача, або побічного каналу прийому приймача з основним (або не основним) випромінюваннями передавача;

– для РЕЗ, що мають співпадаючі ділянки робочих частот характеристики нормуються й апроксимуються. Апроксимуються вони прямокутниками таким чином, щоб сума площин прямокутників була рівною площині, яка обмежується функцією, що апроксимується віссю абсцис. При цьому значення коефіцієнтів нормування характеристик повинні бути рівними середнім значенням функцій, що апроксимуються, на даній ділянці частотного діапазону;

– за відомими значеннями робочих частот передавача і приймача проводиться суміщення апроксимованих характеристик і визначаються ділянки збігу, у межах яких значення коефіцієнтів нормування не змінюються. Значення коефіцієнтів нормування і ширина ділянок збігу характеристик для множника ослаблення  $V_{ок}$  для кожної ділянки збігу  $\Delta F_k$  вибирається така ділянка збігу  $\Delta F_k$ , для якої величина у децибелах найбільша (а за абсолютною величиною найменша). Подальші розрахунки проводяться для цього каналу, тому що по цьому каналу прийому неавмисна перешкода буде проходити з найменшим ослабленням, тобто буде робити максимальний вплив, що заважає якості функціонування приймача;

– за відомими значеннями висот підняття антен  $h_1$  і  $h_2$  пари РЕЗ, у відповідності до відношення  $D_{пв} = 4,12 \cdot (\sqrt{h_1 + h_2})$  визначається зона радіовидимості;

– для відстані  $R = 0,8D_{пв}$  довжини хвилі обраної ділянки збігу  $\lambda_k$  за графіком функції  $V_{ок} = f(\lambda, R)$  проводиться розрахунок коефіцієнта  $V_k$  за формулою:

$$V_k [\text{дБ}] = P_{п.лод} - (P_c - \Delta f_c + G_{пер}(\beta_1, \varepsilon_1) + G_{пр}(\beta_2, \varepsilon_2) + \chi + \Delta F_k + g(f_k) + k(f_k));$$

– розраховане значення  $V_k$  порівнюється з множником ослаблення для дальності прямої видимості  $V_0^{пв}$ , який був визначений раніше.

Якщо  $|V_k| \leq |V_0^{пв}|$ , то допустиме взаємне віддалення між РЕЗ визначається за графіком функції  $V_{ок} = f(\lambda, R)$ .

Якщо  $|V_k| \geq |V_0^{пв}|$ , то допустиме взаємне віддалення буде визначатися за графіком функції для  $R_{дод} \leq 100_{км}$  і за графіком функції для випадку, коли  $R_{дод} \geq 100_{км}$ .

При визначенні  $R_{дод}$  за графіком для зони тіні і півтіні необхідно враховувати висоти підняття антен  $h_1$  і  $h_2$ . Для цього, використовуючи графіки функції  $Vh = f(\lambda, h)$  для заданих  $h_1$  і  $h_2$ , і визначаються значення  $V_{h1}$  і  $V_{h2}$ :

– за відомим значенням  $V_k$ ,  $V_{h1}$ ,  $V_{h2}$  розраховується величина. За отриманим значенням  $V_{ок} + V'_{ік}$  і  $\lambda_k$  за графіком функції  $V_{ок} + V_{ік} = f(\lambda, R)$ , визначається допустиме взаємне віддалення  $R_{дод}$  для пари РЕЗ, що розглядається. Допустиме взаємне віддалення між РЕЗ доцільно визначити для найбільш ймовірного варіанту взаємного миттєвого орієнтування діаграм спрямованості антен РЕЗ;

– з метою визначення допустимого взаємного віддалення між РЕЗ для різних розлаштувань між їх робочими частотами апроксимовані характеристики переміщують по частотній осі один відносно до одного в межах можливої перебудови і визначають нові значення  $\Delta F_k$ ,  $g(f_k)$  і  $k(f_k)$ . Далі абсолютне значення  $V_k$ , знайдене раніше, коректується (уточнюється) на величину зміни в децибелах параметрів  $\Delta F_k$ ,  $g(f_k)$  і  $k(f_k)$ . По знов розрахованому множнику ослаблення  $V_k$  визначається тепер вже інше допустиме взаємне віддалення між РЕЗ -  $R_{дод}$ .

Одержаний результат ( $R_{дод}$ ) є радіусом зони впливу випромінювання передавача одного РЕЗ на приймач іншого при заданих робочих частотах РЕЗ і взаємних миттєвих орієнтаціях їх діаграм спрямованості. Норми ЧТР РЕЗ можуть бути оформлені в табличному або графічному вигляді з відповідними поясненнями до них.

### Порядок забезпечення електромагнітної сумісності за допомогою графічного матеріалу

Найбільш зручним для практичного використання з метою аналізу є графічне представлення норм ЧТР РЕЗ у вигляді картки-номограми. Кожна картка-номограма розробляється для пари потенційно-несумісних РЕЗ, коли один з них розглядається як джерело неавмисних перешкод, а інший – як приймач цих перешкод.

Картка-номограма містить у собі три взаємозалежних між собою графіки:

1.  $\Delta P(\Delta f)$  залежність перевищення потужності перешкод даного виду над допустимою потужністю  $P_{п.лод}$  від величини узагальненого частотного розлаштування  $\Delta f$  між РЕЗ при відстані між ними в 1 км і

умовно ізотропних антен (коефіцієнт підсилення антен дорівнює 0дБ) (рис. 2). Ця залежність визначена в області найбільш можливих частотних збігів для даної пари РЕЗ шляхом аналізу діапазону їх робочих частот.

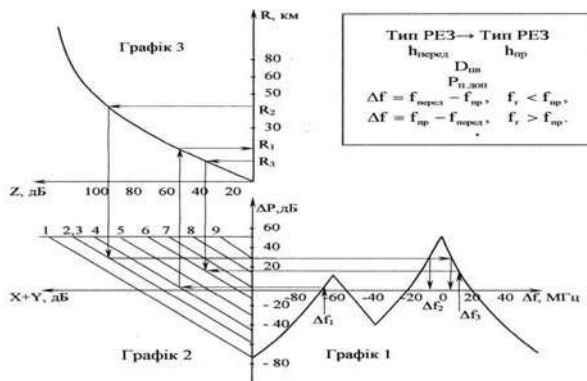


Рис. 2. Картка-номограма частотно-територіального рознесення

Співвідношення для визначення величини узгодженого частотного розлаштування  $\Delta f$  між РЕЗ, яке приведене на графіку-номограмі, містить у собі вид частотних збігів для даної пари РЕЗ і справедливе при всіх значеннях робочої частоти в даному діапазоні. Якщо приймальний пристрій РЕЗ може мати різні види настроювання гетеродина (нижнє і верхнє настроювання), то в цьому випадку для даної пари РЕЗ надають дві формули, кожною з яких необхідно користуватися виходячи з наявної інформації про вид настроювання гетеродина.

2. Значення добутків коефіцієнтів підсилення антен  $(X+Y)$  РЕЗ для дев'яти (або чотирьох) основних варіантів їх взаємної орієнтації (графік 2).

Діаграма спрямованості антени (ДСА) кожного радіоелектронного засобу може, наприклад, апроксимуватися трьома рівнями коефіцієнтів підсилення:  $\Gamma$  – рівень головного пелюстка;  $B$  – рівень ближніх бічних пелюстків;  $\Phi$  – рівень фону. Позначимо через  $\Gamma_i, B_i$  і  $\Phi_i$  рівні коефіцієнтів підсилення ДСА РЕЗ-джерела випромінювань ненавмисних перешкод, а через  $\Gamma_m, B_m$  і  $\Phi_m$  – аналогічні коефіцієнти для РЕЗ-приймача цих випромінювань.

Для такої апроксимації ДСА на картці-номограмі залежність  $(X+Y)$  приведена для наступних варіантів взаємних збігів орієнтацій діаграм спрямованості антен радіоелектронних засобів:

1.  $\Gamma_i \rightarrow \Gamma_m$ ; 2.  $\Gamma_i \rightarrow B_m$ ; 3.  $B_i \rightarrow \Gamma_m$ ; 4.  $B_i \rightarrow B_m$ ;
5.  $\Gamma_i \rightarrow \Phi_m$ ; 6.  $\Phi_i \rightarrow \Gamma_m$ ; 7.  $B_i \rightarrow \Phi_m$ ; 8.  $\Phi_i \rightarrow B_m$ ;
9.  $\Phi_i \rightarrow \Phi_m$ . Для кожного з дев'яти варіантів можна визначити відповідну йому величину перевищення потужності перешкод над  $P_{\text{плод}}$ .

3. Залежність множника послаблення потужності ненавмисної перешкоди від відстані між РЕЗ -  $Z(R)$  (графік 3), перераховане щодо відстані  $R=1$  км.

Таким чином, використовуючи картки-номограми для рішення конкретних задач, можливо знайти рекомендації (територіальне або частотне рознесення, секторні режими роботи, тощо) для прийняття рішення щодо забезпечення EMC радіоелектронних та радіолокаційних систем та засобів в районі розташування радіотехнічного підрозділу.

Але картка-номограма розробляється тільки для конкретної пари РЕЗ, не враховуючи те, що існує можливість передислокації радіотехнічного підрозділу (орлв) на нову позицію. На цій позиції виникає необхідність забезпечення EMC не тільки з військовими радіоелектронними й радіолокаційними системами та засобами в районі розташування радіотехнічного підрозділу, а й РЕЗ цивільних відомств. Важливо відмітити, що картка – номограма дозволяє враховувати лише миттєве взаємне розташування радіоелектронних засобів та виробляти пропозиції, що носять імовірнісний характер. Для якісного забезпечення частотно-територіального рознесення потрібне створення за тією ж методикою відповідного програмного забезпечення, яке зможе підтримувати прийняття рішення командира щодо розміщення елементів бойового порядку, враховуючи не пари характеристик, а їх масиви.

## Висновки

В даній статті зроблено спробу вирішення окремих питань електромагнітної сумісності та завадозахисту радіотехнічних засобів підрозділу ППО СВ. На прикладі типової «дуельної» ситуації визначені критерії виявлення потенційно-несумісних радіоелектронних систем і засобів. Розглянута методика оцінки електромагнітної сумісності радіоелектронних систем і засобів дозволяє забезпечити реалізацію комплексу технічних та організаційних заходів з метою частотно-територіального рознесення та завадозахисту РЕЗ ППО СВ.

## Список літератури

1. The Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive 89 / 336 / EEC.2. ENV61000-2-2/ Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 2: Environment Section. – 2017. – Vol. 1, № 5 (85). – P. 16-22. doi:http://dx.doi.org/ 10.15587/1729-4061.2017.91642.
2. Барабаш О.В. Питання узгодженості нормативної бази електромагнітної сумісності та електромагнітної безпеки засобів обчислювальної техніки / О.В. Барабаш, В.А. Глива, А.В. Лук'яничков // Прикладная электроника. Состояние и перспективы развития: 3 Международный радиоэлектронный форум: 22-24 окт. 2008. – Т. VI. – С. 159-162.

3. Кузнецов В.Г. Электромагнитная совместимость. Несимметрия и несинусоидальность напряжения / В.Г. Кузнецов, Э.Г. Куренный, А.П. Лютый. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 250 с.
4. Directive 2004/108/EC of the European Parliament and of a Council of 15 December 2004 on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility and repealing Directive 89/336/EEC (Text with EEA relevance) // Official Journal of the European Union. – 31.12.2004. – L. 390. – Pp. 24-37.
5. Глива В.А. Моніторинг та нормалізація фізичних факторів виробничого середовища при експлуатації автоматизованих систем: дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.01 / Глива Валентин Анатолійович. – К., 2012. – 355 с.
6. Панова О.В. Захист працюючих від впливу електромагнітних полів екрануванням: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Панова Олена Василівна – К., 2014. – 151 с.
7. Добыкин В.Д. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем / В.Д. Добыкин, А.И. Куприянов, В.Г. Пономарев, Л.Н. Шустов, под. ред. А.И. Куприянова. – М.: Вузовская книга, 2007. – 487 с.
8. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин: НПОП 0.00-1.28-10. – [Чинний від 2010-19-04]. – К.: Держпромгирнагляд України, 2010. – 10 с.
9. Глива В.А. Моделювання просторових розподілів електромагнітних полів електротехнічного обладнання / В.А. Глива, Л.О. Левченко, Х.В. Паньків // Управління розвитком складних систем. – 2014. – Вип. 20. – С. 174-179.
10. Establishing a dialogue on risks from electromagnetic fields. – Geneva: World health organization, 2004. – 67 p.
11. Закон України “Про радіочастотний ресурс України” №1770-III від 01.06.2000 / Верховна Рада України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua>. (12.10.2015).
12. Постанова “Про затвердження Технічного регламенту з електромагнітної сумісності обладнання” / Постанова Кабінету Міністрів України від 29.07.2009 № 785. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=248735971> (15.02.2018)
13. Седельников Ю.Е. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: учеб. пос. / Ю.Е. Седельников. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2006. – 304 с.
14. Малков Н.А. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: учеб. пос. / Н.А. Малков, А.П. Пудовкин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 88 с.
15. Technical collection of Schneider-electric: vol. 32. EMC – Electromagnetic compatibility. Available at: [www.schneiderelectric.com.ua](http://www.schneiderelectric.com.ua). (accessed 15.02.2018).

## References

1. (2017), “The Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive 89 336 EEC.2.” [ENV61000-2-2 Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 2: Environment Section], Vol. 1, No. 5 (85), pp. 16-22. doi:<http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2017.91642>.
2. Barabash, O.V., Gliva, V.A. and Luk'yanchikov, A.V. (2008), “Py`tannya uzgodzhenosti normaty`vnoyi bazy` elektromagnitnoyi sumisnosti ta elektromagnitnoyi bezpeky` zasobiv obchyslyvalnoyi tekhniki” [Question of normative base coordination by electromagnetic compatibility and electromagnetic safety of the computing engineering facilities], *3 International radio electronic forum: October 22-24*, Vol. VI, Kharkiv, pp. 159-162.
3. Kuznecov, V.G., Kurenyy, E.G. and Lyutyuy, A.P. (2005), “Elektromagny`tnaya sovmetry`most`. Nesy`mmetry`ya i` nesynusooidalnost` napryazhenya” [Electromagnetic compatibility. Non-symmetry and non-sinusoidal of voltage], North-Press, Donetsk, 250 p.
4. (2004), Directive 2004/108/EC of the European Parliament and of a Council of 15 December 2004 on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility and repealing Directive 89/336/EEC (Text with EEA relevance), *Official Journal of the European Union*, 31.12.2004, L 390, pp. 24-37.
5. Gliva, V.A. (2012), “Monitory`ng ta normalizaciya fizychnykh faktoriv vyrobnychogo sredovyshha pry` ekspluatatsiyi avtomaty`zovanykh system: dissertation” [Monitoring and normalization of physical factors of production environment during exploitation of computing engineering facilities :dissertation], Kyiv, 355 p.
6. Panova, O.V. (2014), “Zahyst pracyuyuchykh vid vplyvu elektromagnitnykh poliv ekranuvannyam: dissertation” [Protection of workers from the influence of electromagnetic fields by shielding: dissertation], Kyiv, 151 p.
7. Dobykin, V.D., Kupriyanov, A.I., Ponomarev, V.G. and Shustov, L.N. (2007), “Radyoelektronnaya borba. Sylovoe porazhenye radyoelektronykh system” [Electronic Warfare. Power failure of electronic systems], High school book, Moscow, 487 p.
8. (2010), “Pravyla oxorony praci pid chas ekspluatatsiyi elektronno-obchyslyvalnykh mashyn” [Rules of labor protection during the operation of electronic computers] (Operating from 2010. 04. 19), Derzhpromgirnaglyad of Ukraine, Kyiv, 10 p.
9. Gliva, V.A., Levchenko, L.O. and Pankiv, H.V., (2014), “Modelyuvannya prostorovykh rozpodiliv elektromagnitnykh poliv eлектротехнічного обладнання” [Simulation of electrical equipment electromagnetic fields spatial distributions], *Managing the development of complex systems*, No. 20, pp. 174-179.
10. (2004), Establishing a dialogue on risks from electromagnetic fields, Geneva, World health organization, 67 p.
11. Zakon Ukrainy (2000), “Pro radiochastotny`j resurs Ukrainy” [About the radio frequency resource of Ukraine], No 1770-III from 01.06.2000 available at: [www.rada.gov.ua](http://www.rada.gov.ua). (accessed 15 February 2018).
12. Postanova (2018), “Pro zatverdzhennya Texnichnogo reglamentu z elektromagnitnoyi sumisnosti obladnannya” [On Approval of the Technical Regulation on Electromagnetic Compatibility of Equipment], available at: [www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=248735971](http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=248735971) (accessed 15.02.2018).
13. Sedel'nikov, Y.E. (2006), “Elektromagny`tnaya sovmetry`most` radyoelektronykh sredstv: uchebnoe posoby`e” [Electromagnetic compatibility of radio-electronic means: a manual], Novoe of znanie, Kazan, 304 p.
14. Malkov, N.A. and Pudovkin, A.P. (2007), “Elektromagny`tnaya sovmetry`most` radyoelektronykh sredstv: uchebnoe posoby`e” [Electromagnetic compatibility of radio-electronic means: a manual], Publishing house of Tambov Tech. University, Tambov, 88 p.
15. Technical collection of Schneider-electric: Vol. 32. EMC – Electromagnetic compatibility. Available at: [www.schneiderelectric.com.ua](http://www.schneiderelectric.com.ua). (accessed 15.02.2018).

Надійшла до редколегії 20.11.2017  
Схвалена до друку 16.01.2018

**Відомості про авторів:**

**Акулінін Гліб Васильович**

кандидат технічних наук  
доцент кафедри  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-3816-6204>  
e-mail: akuliningv@gmail.com

**Рзаєв Теймур Мурадович**

курсант Харківського національного  
університету Повітряних Сил  
ім. І. Кожедуба  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3734-1223>  
e-mail: tamerlannakatov@gmail.com

**Бойко Сергій Володимирович**

курсант Харківського національного  
університету Повітряних Сил  
ім. І. Кожедуба  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-9278-8071>  
e-mail: pvo.1996.rulit@gmail.com

**Воїнов Валерій Вікторович**

кандидат технічних наук  
старший викладач  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-5732-5960>  
e-mail: Vvvoinov80@gmail.com

**Information about the authors:**

**Glib Akulinin**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Lecturer of Department  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-3816-6204>  
e-mail: akuliningv@gmail.com

**Teymur Rzaev**

Cadet  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3734-1223>  
e-mail: tamerlannakatov@gmail.com

**Sergiy Boyko**

Cadet  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-9278-8071>  
e-mail: pvo.1996.rulit@gmail.com

**Valerii Voinov**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Instructor  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-5732-5960>  
e-mail: Vvvoinov80@gmail.com

**РЕШЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ  
И ПОМЕХОЗАЩИТЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПВО СВ**

Г.В. Акулинин, Т.М. Рзаев, С.В. Бойко, В.В. Воинов

*В статье описан один из методов обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных систем и средств путем задействования ряда организационных та технических мероприятий на основании формирования карты-номограммы для конкретного радиолокационного комплекса и радиолокационных средств, которые находятся рядом с позицией. Осуществлен анализ структуры радиолокационных подразделений, входящих в состав войск противовоздушной обороны Сухопутных войск, определены их основные проблемы электромагнитной совместимости. Для решения обозначенных задач применен графоаналитический метод. Результатом применения предложенного метода является разработка предложений к частотно-территориальному разнесению (размещению). Предложенный метод может быть использован при анализе возможностей размещения радиолокационных подразделений войск ПВО СВ, в том числе, в зоне проведения антитеррористической операции (АТО).*

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, противовоздушная оборона Сухопутных войск, частотно-территориальное разнесение.

**SOLUTION OF SPECIFIC PROBLEMS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY  
AND JAM-PROTECTION OF ARMY AIR-DEFENCE RADIO TECHNICAL MEANS**

G. Akulinin, T. Rzaev, S. Boyko, V. Voinov

*The article describes one of the methods for ensuring the electromagnetic compatibility of radio-electronic systems (RES) and means by using a number of organizational and technical measures based on the formation of a card-mono-graphs for a particular radar complex and radar facilities that are locates near the position. The analysis of the structure of radar units that are part of the Army air defense forces has been carried out, and their main problems of electromagnetic compatibility have been identified. To solve these problems, a graphoanalytical method is applied. Potentially incompatible by the frequency criteria are that RES, which works on coincident (or close to their values) operating frequencies, at which there is at least partial overlapping of operating frequency bands (taking into account undesired transmitter emissions and receiving on the side channels). In goal of potentially incompatible RES definition (according to the frequency criteria), this is necessary to evaluate electromagnetic compatibility according to energetic criteria.*

*Consideration of the energy criteria is to determine the power of jamming signals from the source of unintentional interference at the input of the radar station receiver.*

*The result of applying this method is the development of proposals for frequency-territorial diversity (allocation). The proposed method can be used in the analysis of the deployment capabilities of Army air defense radar units, including in the operating area of the antiterrorist operation (ATO - zone).*

**Keywords:** electromagnetic compatibility, Army air defense, frequency and territorial diversity.