

УДК 621.396.967

А.А. Курило<sup>1</sup>, Г.Г. Камалтинов<sup>2</sup>, С.І. Дубовий<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія

<sup>2</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків

## **ОБГРУНТУВАННЯ ОБСЯГУ ВИПРОБУВАНЬ НА ПЕРЕШКОДОЗАХИЩЕНІСТЬ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ СУМІСНІСТЬ НАЗЕМНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ**

*Стаття присвячена перегляду підходів до питання випробувань наземних радіолокаційних засобів на перешкодозахищеність та електромагнітну сумісність. Приведені результати огляду методів випробувань наземних радіолокаційних засобів, проаналізовано їх достатність та відповідність сучасним викликами в сфері електромагнітної сумісності. Обґрунтовано необхідність застосування додаткових методів випробувань сучасних наземних радіолокаційних засобів на електромагнітну сумісність та перешкодозахищеність.*

**Ключові слова:** наземні радіолокаційні засоби, випробування, електромагнітна сумісність, перешкодозахищеність.

### **Вступ**

**Постановка проблеми і аналіз літератури.** Досвід бойових дій в Іраку, Югославії, Афганістані, Грузії, Лівії продемонстрував зміщення центру збройної боротьби у повітряний простір, де фактично було забезпечено досягнення мети воєнних дій, у

тому числі з інтенсивним використанням безпілотних літальних апаратів та високоточної зброї. Першочерговими об'єктами поразки (вогневої та радіоелектронного придушення) в даних воєнних конфліктах були: наземні радіолокаційні засоби (НРЛЗ) та командні пункти (пункти управління) [1]. НРЛЗ були, або знищені в перші години бойових дій, або

не здатні виконувати поставлені завдання. Причини знищення або придушення НРЛЗ – незабезпечення перешкодозахищеності (ЗЗ). Сучасні НРЛЗ за своєю архітектурою представляють собою складні комплекси, у які, крім радіотехнічних пристроїв, входять системи автоматики і обчислювальні засоби [2].

Впливу активних та пасивних перешкод на роботу НРЛЗ присвячено багато досліджень та робіт, але єдиної методики оцінки ЗЗ НРЛЗ немає. У зв'язку з випереджаючим кількісним та якісним розвитком НРЛЗ по відношенню до можливості використання радіочастотного спектру підходи, що застосовуються для забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС): вибір робочих частот НРЛЗ в нових ділянках радіочастотного спектру, конструктивні удосконалення розробником окремих елементів техніки, розподіл частот між зразками техніки в діапазоні, що освоєний, при їх експлуатації нерідко виявляються недостатніми [3].

Слід зазначити, що директивні планувальні документи Міністерства оборони США передбачають панування Збройних Сил США в області електромагнітного спектру за рахунок атакуючих сил та засобів для проведення інформаційних операцій [4].

На даний час підходи до програм та методик випробувань НРЛЗ на ЕМС та ЗЗ в наукових виданнях свідчать про їх недосконалість, а детальний об'єм випробувань НРЛЗ на ЕМС та ЗЗ не описується.

**Метою статті** є обґрунтування обсягу випробувань НРЛЗ на ЕМС та ЗЗ з урахуванням сучасних викликів в галузі електромагнітної сумісності.

### **Виклад основного матеріалу**

Обсяг випробувань визначається програмою випробувань, яка погоджується з підприємствами (організаціями, установами) – учасниками випробувань. Програма випробувань повинна передбачати перевірки всіх без виключення пунктів ТТЗ, де, в свою чергу, повинні бути чітко визначені параметри та критерії оцінки ЕМС та ЗЗ. Відсутність в ТТЗ конкретних параметрів та критеріїв оцінки ЕМС та ЗЗ може привести в до розробки програми випробувань великого обсягу.

Для визначення обсягу та методик випробувань на ЗЗ необхідно урахування для кожного конкретного НРЛЗ наступних факторів: специфіка побудови та призначення НРЛЗ, наявність та можливості засобів ЗЗ, особливості застосування та можливості засобів протидії НРЛЗ.

В загальному вигляді об'єм випробувань на ЗЗ НРЛЗ повинен включати: теоретичне дослідження (аналітичну оцінку ЗЗ), експериментальне дослідження впливу визначених видів перешкод на функціонування та основні характеристики НРЛЗ, оцінку працездатності та ефективності апаратури перешкодозахисту, відпрацювання рекомендацій по

практичному застосуванню апаратури захисту від перешкод, розробку висновку о можливості виконання НРЛЗ функцій в умовах організованої протидії.

За практикою, яка склалась, у ТТЗ на розробку НРЛЗ задавалися такі вимоги з перешкодозахисту:

від активних шумових перешкод – коефіцієнт стиснення зони виявлення під час дії одного або декількох постановників перешкод по бічних пелюстках діаграми направленості антени із заданою спектральною щільністю перешкод і діючого із заданою дальністю та постановника перешкод, діючого у режимі самоприкриття по основному пелюстку діаграми направленості антени;

від несинхронних імпульсних – коефіцієнт придушення або інтенсивність перешкод (амплітуда, період та тривалість), при якій не порушуються якісні показники функціонування НРЛЗ;

від пасивних штучних – коефіцієнт проводки у хмарі дипольних відбивачів конкретного типу із заданою кількістю на 100 м шляху;

від пасивних природних (відбиття від земної поверхні та метеоявищ) – коефіцієнт придушення перешкод або коефіцієнт підперешкодової відомості.

Однак такі вимоги не враховують сучасні тенденції розвідку засобів радіоелектронного придушення та не можуть бути перевірені в умовах України.

Теоретичне дослідження ЗЗ, яке враховує задані характеристики НРЛЗ та параметри можливих засобів протидії, можна провести [5] з отриманням кількісних оцінок ЗЗ НРЛЗ. Оцінки дозволяють виконати порівняльний аналіз ЗЗ НРЛЗ із іншими комплексами, які виконують подібні функції. Але одразу треба зупинитись на труднощах аналітичної оцінки ЗЗ: точну кількісну оцінку ЗЗ отримати доволі складно, це пов'язано з необхідністю аналізу проходження різних, складних по структурі сигналів та перешкод через лінійні та нелінійні перетворювачі, як з постійними, так і змінними за часом параметрами, необхідністю знаходження математичних моделей НРЛЗ.

Експериментальне дослідження впливу визначених видів перешкод на функціонування та основні характеристики НРЛЗ доцільно виконати в наступній послідовності: в наземних умовах оцінити вплив перешкод на НРЛЗ з використанням імітаторів перешкод, виконати об'єкти НРЛЗ авіаційними постановниками перешкод. Методика оцінки ЗЗ з метою об'єктивного виявлення поведінки апаратури захисту від перешкод та характеристик НРЛЗ в складній перешкодовій обстановці повинна передбачати перевірки із застосуванням окремих видів перешкод, а також випробування на вплив комбінованих перешкод. Найбільш об'єктивним, точним та ефективним

методом оцінки ЗЗ НРЛЗ слід вважати експеримент із залученням льотних засобів-постановників активних та пасивних перешкод [3]. Однак реалізація льотної перевірки матеріально затратна та потребує багато часу.

На обсяг та якість випробувань НРЛЗ впливають:

наявність спеціалізованої незалежної організації (установи) спроможної за навченістю персоналу, спеціальним обладнанням забезпечити проведення випробувань;

висока вартість льотних експериментів;

наявність відповідних методик випробувань;

відповідне матеріальне забезпечення;

просторові можливості полігону, де проводяться випробування.

При цьому слід відмітити, що останній фактор є вирішальним, тому як реальні умови роботи НРЛЗ, особливо РЛС виявлення повітряних об'єктів, які використовуються для контролю повітряного простору, вимагають і створення таких же умов для випробувань, тобто постановку перешкод великої потужності із великих дальностей (сотні кілометрів). Умови України не дозволяють проводити випробування на перешкоду захист у повному обсязі, створювати реальну перешкодову обстановку, тому, як правило, використовуються спрощені методи.

Розглянемо об'єм випробувань НРЛЗ на ЕМС. До етапу натурних випробувань повинен бути проведений аналіз електромагнітної обстановки (ЕМО), оцінка впливу ненавмисних перешкод на якість функціонування як окремого НРЛЗ так і у можливому угрупованні.

Аналіз ЕМС може бути розділений на декілька етапів, залежно від джерел і причин виникнення перешкод:

частотний (комбінаторний) аналіз;

просторовий аналіз;

енергетичний аналіз;

сигнальний аналіз;

конструктивний аналіз;

оцінку якості функціонування та комплексну оцінку ЕМС угруповання НРЛЗ.

Наявність декількох етапів аналізу пояснюється тим, що залежно від передбачуваних причин виникнення перешкод він проводиться за принципом "від простого – до складного" і під час проведення аналізу можуть бути реалізовані не всі зазначені етапи. Кількість етапів залежить від результатів реалізації заходів, проведених після виконання кожного попереднього етапу аналізу.

Достовірність оцінки ЕМС залежить від кількості факторів, які враховуються при аналізі.

Основу методики аналізу становлять положення діючих стандартів СРСР та рекомендацій міжнародних організацій і публікацій з ЕМС [11]. При

цьому проводиться парна оцінка ЕМС – облік впливу ненавмисних радіоперешкод кожного випромінюючого засобу на кожний радіоелектронний засіб (РЕЗ), для якого проводиться оцінка. Використовується детермінований опис перешкодової обстановки відповідно до існуючих стандартів. Можлива також групова оцінка ЕМС – врахування впливу ненавмисних радіоперешкод від усіх РЕЗ та іншого устаткування на кожний РЕЗ, для якого проводиться оцінка. При цьому основним критерієм ЕМС є величина відносини сигнал/перешкода, що не повинна бути нижче значення, встановленого відповідними стандартами застосовуваного радіоустаткування. Частотний (комбінаторний) аналіз здійснюється з метою виявлення частотних каналів (основного й побічних) проникнення ненавмисних радіоперешкод у радіоприймальний пристрій РЕЗ і визначення ступеня детальності подальшого аналізу з урахуванням енергетичних характеристик аналізованих РЕЗ і їхнього розміщення в просторі

Просторовий аналіз проводиться для тих РЕЗ, випромінювання яких беруть участь в утворенні комбінаційних продуктів, що збігаються із частотами прийому. Метою просторового аналізу є дослідження можливостей скорочення списку "небезпечних" частот за рахунок наявної просторової розв'язки антен або шляхом створення (збільшення) такої розв'язки.

Енергетичний аналіз проводиться для тих РЕЗ, випромінювання яких беруть участь в утворенні комбінаційних продуктів, що збігаються із частотами прийому і для яких просторова розв'язка антен недостатня та по системних або конструктивних міркуваннях не може бути збільшена до необхідної величини. Він містить розрахунок потужності ненавмисних перешкод на вході радіоприймального пристрою з урахуванням спрямованих властивостей антен РЕЗ, ослаблення радіохвиль при поширенні та за рахунок природних і штучних перешкод на трасі перешкоди, інтерференції та дифракції на елементах рельєфу

Сигнальний аналіз призначений для визначення ступеня впливу виявлених перешкод на функціонування РЕЗ із урахуванням їх режимів роботи, результатів частотного й енергетичного аналізу, розрахунок часткових і узагальнених критеріїв ефективності роботи.

Конструктивний аналіз – це аналіз конструкцій і матеріалів опори, безпосередньо антени й пристроїв її кріплення, побудови радіопередавачів – можливих рецепторів перешкоди з метою виявлення джерел перешкодового впливу.

Аналіз ЕМО виконується дослідно-теоретичним шляхом. При теоретичних та експериментальних дослідженнях технічних характеристик НРЛЗ ті параметри, які впливають на ЕМС, підлягають пере-

вірці на норми ЕМС, що задані в ТТЗ на розробку НРЛЗ. Складність теоретичного аналізу не дозволяє отримати гарантовану якість оцінки. Тому доцільно оцінку ЕМС виконувати шляхом практичних іспитів в два етапи: наземних та льотних випробувань із залученням льотних засобів.

Наземні випробування потребують детальної проробки порядку ввімкнення, вибору режимів роботи, орієнтування напрямку випромінювання НРЛЗ, що заважають. Вимірювання проводять як при роботі одиночних НРЛЗ, що заважають так і при роботі всього угруповання НРЛЗ на випромінювання.

В загальному вигляді для оцінки ЕМС в ході наземних випробувань необхідно перевірити дві групи технічних характеристик НРЛЗ - функціональні (тобто ті, які визначають якість радіолокаційної техніки відповідно до вимог за призначенням) та ті, що впливають на ЕМС, які обумовлюють здатність виробу функціонувати сумісно та одночасно з іншими радіоелектронними засобами в деякій системі. До першої групи, наприклад, можна віднести потужність радіопередавача та чутливість приймача. До другої – потужність побічного випромінювання на частоті гармоніки передавача та сприйнятливості до перешкоди на частоті побічного каналу прийому.

В ході льотних випробувань перевіряються відповідність норм ЕМС вимогам ТТЗ в умовах максимально наближених до реальної експлуатації.

Виконання вимог ЕМС при ввімкненні всієї апаратури угруповання може бути оцінено ступенем зниження якості функціонування апаратури станції за окремими показниками [6]:

$$K_c = \omega_1 / \omega_2,$$

де  $\omega_1$  – показник ефективності при наявності ненавмисних перешкод;  $\omega_2$  – показник ефективності при відсутності перешкод. Вимог з ЕМС рахуються виконаними при дотриманні умови  $K_c < 1$ .

Існуючими стандартами визначені наступні показники ефективності радіолокаційних засобів для оцінювання впливу ненавмисних перешкод: коефіцієнт зниження дальності виявлення та рівень підвищення рівня хибної тривоги.

За результатами експериментальних досліджень характеристик НРЛЗ оцінюється їх відповідність вимогам ЕМС відповідно ТТЗ, визначається можливість роботи кожного НРЛЗ в угрупованні.

Отриманні в процесі розробки та за результатами випробувань характеристики ЕМС можна використовувати в якості формальних показників для визначення оптимальної структури НРЛЗ, обґрунтування режимів роботи та рекомендацій по удосконаленню якості функціонування.

Радянські джерела з питань ЕМС не відрізняються від українських та прописують групу параметрів, що забезпечують не тільки ЕМС, але мають загальне значення для характеристик властивостей

радіоелектронних пристроїв: робоча частота, потужність основного випромінювання передавача, ширина смуги частот основного випромінювання передавача, параметри управління високочастотними коливаннями (глибина АМ, величина девіації, тривалість імпульсу, шпаруватість), чутливість приймача на робочій частоті, вибірковість приймача, мінімально припустиме співвідношення сигнал/перешкода на вході приймача конкретного типу, стабільність частоти передавача, приймача, діаграма направленості та підсилення антени на робочій частоті. До іншої групи параметрів, які мають значення головним чином для забезпечення ЕМС відносилися: рівні побічного випромінювання передавача тобто на гармоніках та субгармоніках, а також комбінаційні, паразитні, позасмугові, шумові та інтермодуляційні випромінювання, чутливість приймача на неосновних каналах прийому, вибірковість приймача по сусідніх каналах прийому, діаграми направленості та коефіцієнти підсилення антен на частотах неосновних випромінювань, а також приймальних антен на неосновних каналах прийому, рівень напруги, обумовлений індустріальними перешкодами в ланцюгах живлення та комутації, коефіцієнти ефективності екранування вузлів, блоків, металізації та заземлення. Також на роботу радіоелектронних засобів, можуть впливати фактори, не пов'язані з РЕЗ безпосередньо, такі як - рівень поля створеного джерелами індустріальних перешкод, рівень поля створеного недосконалими електричними контактами в механічних з'єднаннях металічних конструкцій, що знаходять в полі потужного випромінювача.

Це стосується усіх РЕЗ взагалі, однак для НРЛЗ, як правило, стосовно ЕМС задавалися:

вимоги по не створенню перешкод іншим засобам на колах живлення та у вільному просторі у вигляді максимального рівня перешкод у діапазонах частот;

рівні побічних та позасмугових випромінювань передавача;

відносні рівні сприйнятливості радіоприймального пристрою по побічних каналах прийому та блокуванню.

Стійкість до індустріальних перешкод та перешкод, які створюються іншими НРЛЗ (крім несинхронних того ж діапазону) не задавалася. У кращому випадку була така вимога «не створювати перешкоди такого-то рівня та забезпечувати працездатність при впливі перешкод того же рівня».

Випробування НРЛЗ здійснюються у обсязі заданих вимог ТТЗ, тому коли їх обсяг обмежений, результат достовірності оцінки ЕМС не гарантований.

Вітчизняні та радянські джерела інформації не є достатніми з точки зору забезпечення міжнародних вимог з ЕМС, не враховують, що сучасні НРЛЗ є об'єктом інформаційної діяльності.

Так, наприклад, підходи до аналізу ЕМО викладені в [7] є такими, які враховують набагато більше чинників, що впливають на сумісність радіоелектронних засобів.

Якщо звернутися до відкритих іноземних джерел то виявляється, що з шістдесятих років минулого століття армія США чітко регламентували характеристики до електромагнітних перешкод та вимоги до апаратури військовим стандартом MIL-STD-461E, а характеристики до електромагнітних перешкод та методи вимірювань військовим стандартом MIL-STD-462D. Стандарти мають універсальний характер та призначені для різних радіоелектронних засобів Сухопутних військ, ВПС, ВМС, армії США, інших агенцій США та промисловості. Стандарти представляють визначений технічний інтерес, тому що принципи, які лежать в їх основі, більш прогресивні ніж CISPR. Для них характерна більш широка номенклатура параметрів ЕМС, ніж у відомій міжнародній літературі та національній нормативно-технічній документації, та у ряді випадків більш жорсткі критерії [8, 11]. Навіть у розвиненій Великій Британії випробування технічних засобів на ЕМС – є питанням непростим, і тому оптимальним шляхом є створення на підприємстві-розробнику технічних можливостей для проведення спрощених випробувань на ЕМС з ціллю попередньої перевірки встановлених вимог з подальшим використанням незалежної організації для перевірки вимог на відповідність ЕМС. Такий підхід надасть реальні переваги розробникам НРЛЗ – можливість проводити випробування на кожній стадії циклу конструювання та виготовлення дослідного зразка, а конструкторська група буде ознайомлена не тільки з методами випробувань, але й з ефективністю різних конструктивних прийомів, які вживаються для покращення характеристик ЕМС [9].

Як свідчить досвід випробувань НРЛЗ, то саме з причин не включення конкретних міжнародних вимог з ЕМС та ЗЗ до ТТЗ на розробку НРЛЗ призвели до проблем у сумісній одночасній роботі радіолокаційної техніки старого та нового покоління.

Очевидно що, підходи [6] повинні бути обов'язково доповненні відповідно до міжнародних та національних вимог [11]. Тому програми та методики випробувань повинні обов'язково містити наступні види перевірок:

з радіоелектронного захисту – можливості захисту від ПРР, від активних та пасивних перешкод:

з радіотехнічного маскуванню;

з електромагнітної сумісності, а саме щодо:

а) рівня електромагнітних перешкод, які створюються у вільному просторі та в колах живлення технічними засобами НРЛЗ;

б) стійкості обладнання НРЛЗ до електромагнітних перешкод;

в) стійкості обладнання НРЛЗ від впливу електростатичних розрядів;

г) стійкості обладнання НРЛЗ до динамічних змін первинної напруги електроживлення:

1) стійкість обладнання по колах електроживлення до провалів напруги живлення;

2) стійкість обладнання по колах електроживлення до переривання напруги живлення;

3) стійкість обладнання по колах електроживлення до кидків напруги живлення;

4) стійкість обладнання до змін частоти змінного струму.

е) обмеження рівня перешкод, які можуть створюватися за рахунок випромінювання по побічних та паразитних каналах випромінювання передавача – рівень позасмугового та побічного (на гармоніках та субгармоніках) випромінювання зондувальних сигналів та обмеження смуги випромінювання;

ж) обмеження так званих індустриальних перешкод у відповідності з ГОСТ В 25803-91, які можуть створюватися іншими технічними засобами НРЛЗ у вільному просторі та на колах живлення (перетворювачах напруги, комутаційній апаратурі та інш.) в частотних діапазонах у залежності від групи виконання засобу – з автономним живленням, з живленням від загальної мережі та ін.

з) обмеження проникнення перешкод у приймальний тракт самої НРЛЗ від інших – частотної вибіркості приймального тракту;

і) стійкості апаратури до електромагнітних перешкод згідно з ДСТУ CISPR 22:2007, а саме:

1) стійкість до радіочастотного електромагнітного поля, яке створюється у вільному просторі поблизу розташування обладнання (локальної обчислювальної мережі, процесорів обробки інформації, індикаторних пристроїв, пристроїв введення даних – "миша", клавіатура);

2) стійкість індикаторних пристроїв до магнітних полів промислової частоти;

3) стійкість портів вводу-виводу сигналів та портів зв'язку до кондуктивних перешкод, наведених радіочастотними електромагнітними полями;

4) стійкість обладнання по колах електроживлення до кондуктивних перешкод, наведених радіочастотними електромагнітними полями;

5) стійкість обладнання НРЛЗ до впливу мікросекундних імпульсних перешкод великої енергії;

6) стійкість обчислювальних засобів, ліній передавання даних, системи управління НРЛЗ до впливу радіочастотних імпульсних перешкод великої енергії (зондувальних сигналів від інших НРЛЗ).

При цьому остання вимога є дуже актуальною, тому, як показує практика, забезпечення спільної роботи сучасних цифрових потужних НРЛЗ на одній позиції є проблематичною.

Слід підкреслити, що стійкість обладнання інформаційних технологій до електромагнітних перешкод повинна бути задана в ТТЗ на нові НРЛЗ.

Ще дуже важливим чинником, крім технічних факторів, які впливають на об'єм випробувань НРЛЗ на ЕМС та ЗЗ - є економічний аспект. Оптимальний об'єм випробувань з урахуванням прогнозуємих факторів ЕМО - є запорука економії часу, ресурсів та виробничих затрат підприємств-розробників НРЛЗ при серійному виробництві, тому що відпадає питання доробок радіолокаційної техніки для відповідності сучасним вимогам.

В загальному випадку повинно бути знайдено комплексне рішення у вигляді сукупності технічно обґрунтованих та економічно доцільних заходів по придушенню перешкод у їх джерелах та підвищенню перешкодо захищеності рецепторів [8].

### Висновки та перспективи подальших досліджень

Об'єм випробувань залежить від чіткого задання параметрів та критеріїв оцінки вимог з ЕМС та ЗЗ у ТТЗ на розробку радіолокаційної техніки, тому пропонується задавати вимоги з ЕМС та ЗЗ НРЛЗ відповідно до сучасних міжнародних стандартів та реальних умов ЕМО, що очікується під час їх експлуатації.

Під час проведення випробувань зразків радіолокаційної техніки, ТТЗ на які були розроблені раніше без урахування сучасних вимог, включати у програми випробувань процедури, передбачені стандартами ІЕС 61000-4 та ДСТУ CISPR 22:2007.

Необхідно також розробляти методики випробувань з ЕМС та ЗЗ НРЛЗ відповідно з сучасними міжнародними вимогами з урахуванням можливостей полігонної бази України.

### Список літератури

1. Радиозлектронная борьба. Силовое поражение радиозлектронных систем / В.Д. Добыкин, А.И. Курпьянов и др. – М.: Вузовская книга, 2007. – С. 12-13, 32.
2. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, 2003. – 53 с.
3. Дубас В.Н. Полигонные испытания радиолокационных станций слежения на стадии их разработки / В.Н. Дубас, В.А. Иванов, В.Г. Пуятин. – К.: Институт новых физических и прикладных проблем АН Украины, 1993. – С. 95-113.
4. Волков С.В. Средство ведения военных действий / С.В. Волков // Воздушно-космическая оборона. – 2009. – № 1 (44). – С. 66-75.
5. Максимов М.В. Защита от радиопомех / М.В. Максимов. – М.: Сов. Радио, 1976. – С. 117 с.
6. Иванов В.А. Оценка обеспечения электромагнитной совместимости в задачах разработки и испытаний радиолокационных комплексов / В.А. Иванов, В.Г. Пуятин // Электронное моделирование. – 1993. – № 2. – С. 86-89.
7. Дональд Р.Ж. Уайт. Электромагнитная совместимость радиозлектронных средств и непреднамеренные помехи. - М. - Сов. Радио. - 1977. -С. 21-28
8. Князев А.Д. Конструирование радиозлектронной аппаратуры и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости / А.Д. Князев. М.: Радио и связь, 1989. – 32 с.
9. Уильямс Т. ЭМС для разработчиков продукции / Т. Уильямс. – М.: Изд. дом «Технолоджи», 2003. – 75 с.
10. Князев А.Д. Проблемы обеспечения совместной работы радиозлектронной аппаратуры / А.Д. Князев, В.Ф. Пчелкин. – М.: Советское радио, 1971. – 59 с.
11. Курило А.А. Аналіз існуючої нормативно-технічної бази із випробувань наземних радіолокаційних засобів на перешкодозахищеність та електромагнітну сумісність / А.А. Курило, Г.Г. Камалтинов // Наука і техніка ПС Збройних Сил України. – 2011. – № 2(6). – С. 73-76.

Надійшла до редколегії 14.02.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Д.В. Голкін, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЁМА ИСПЫТАНИЙ НА ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТЬ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ НАЗЕМНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ

А.А. Курило, Г.Г. Камалтинов, С.І. Дубовий

Статья посвящена пересмотру подходов к вопросам испытаний наземных радиолокационных средств на помехозащищенность и электромагнитную совместимость. Приведены результаты обзора методов испытаний наземных радиолокационных средств в этой сфере, проанализировано их достаточность и соответствие современным вызовам в электромагнитной совместимости. Обоснована необходимость применения дополнительных методов испытаний современных наземных радиолокационных средств на помехозащищенность и электромагнитную совместимость.

**Ключевые слова:** наземные радиолокационные средства, испытания, помехозащищенность, электромагнитная совместимость.

### RATIONALE FOR VOLUME TEST ON NOISE IMMUNITY AND ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY GROUND RADAR EQUIPMENT

A.A. Kurilo, G.G. Kamaltunov, S.I. Dubovoi

The article is devoted to the review of approaches to test ground radar facilities in the noise immunity and electromagnetic compatibility. The results of the review of test methods of ground radar facilities in this area, analyzed the adequacy of and compliance with current challenges in electromagnetic compatibility. Justified the need for additional methods of testing modern ground radar facilities at the noise immunity and electromagnetic compatibility.

**Keywords:** ground radar facilities, testing, noise, electromagnetic compatibility.