

УДК 623.4.001.33

Є.О. Авчінніков

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків***НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЗБРОЇ**

Розглянуті основні науково-технічні проблеми розробки електромагнітної зброї. Показано, що найбільш наукомісткими та потребуючими значних часових, фінансових і матеріальних витрат на проведення фундаментальних, пошукових та прикладних наукових досліджень з обов'язковим проведенням експериментальних досліджень у спеціальних лабораторіях та на полігонах є дослідження пов'язані з отриманням даних про стійкість електронного обладнання до діючого випромінювання, оцінки оптимальних характеристик випромінювання та технічна реалізація джерел потужного електромагнітного випромінювання.

Ключові слова: електромагнітна зброя, функціональне ураження, функціональне подавлення.

Вступ

Постановка проблеми Сучасні цивільні та військові установи, військові об'єкти, бойова техніка і озброєння насичені різноманітним електронним обладнанням, знищення (подавлення) якого веде до дезорганізації управління не тільки військами та зброєю, але й державою у цілому. Тому, знищення (подавлення) інформаційних систем будь-якого одиночного елемента озброєння або локальних систем управління військами (державою) стає однією з першочергових задач при веденні бойових дій. Крім традиційних засобів вогневого ураження та засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) ці задачі може вирішувати електромагнітна зброя (ЕМЗ). Крім впливу на радіоелектронну (оптико-електронну)

апаратуру у деяких випадках передбачається також застосування ЕМЗ проти живої сили противника у якості нелетальної зброї.

В [1] дається наступне визначення ЕМЗ: "Електромагнітне оружие – оружие, в котором в качестве поражающего фактора используется мощный импульсный поток радиочастотного электромагнитного излучения. При воздействии такого излучения на радиоэлектронное средство в его цепях наводятся токи, вызывающие временное или стойкое повреждение полупроводниковых элементов". Це визначення, у деякому змісті, не є повним, тому, що воно обмежено тільки "радіочастотним" електромагнітним випромінюванням та діє тільки на напівпровідникові елементи.

Більше точним і повним є визначення, яке наведено в [2], а саме: "Електромагнітна зброя – це засоби ураження енергією електромагнітного випромінювання". Також в [2] надається класифікація ЕМЗ, яка складається із:

- зброї електромагнітного імпульсу (ЕМІ-зброя);
- оптичної зброї;
- низькочастотної зброї;
- рентгенівської зброї;
- радіочастотної зброї;
- комбінованої електромагнітної зброї.

На цей час можна знайти багато публікацій (наприклад [2 – 13] та інші), в яких розглядаються деякі питання перспектив розвитку, створення та тактики застосування ЕМЗ. Більшість цих публікацій присвячена електромагнітній зброї, яка працює в радіо та оптичному діапазонах довжин хвиль, а саме – ЕМІ, радіочастотної (або мікрохвильової) та лазерної.

У загальному випадку при розробці озброєння на нових фізичних принципах дії, до якої відноситься електромагнітна зброя, необхідно проводити наступні основні взаємозалежні групи досліджень: інформаційно-аналітичні, науково-технічні та сукупність медико-біологічних і правових.

На етапі інформаційно-аналітичних досліджень проводиться аналіз напрямів та поточного стану науково-технологічних розробок, вимог і критеріїв ефективності.

При виконанні науково-технічних досліджень проводиться аналіз характеристик існуючих зразків (або тих, що розробляються), формуються тактико-технічні вимоги до нового зразка (зразків) та оцінюється можливість його (їх) технічної реалізації та фінансові витрати.

Необхідність проведення медико-біологічних та правових досліджень обумовлена тим, що зброя, яка призначена для ураження військових об'єктів, може негативно впливати на навколишнє середовище та людину і може бути заборонена міжнародним законодавством. Для зброї нелетальної дії ці дослідження безпосередньо є підставою для розробки.

При розробці ЕМЗ основні труднощі пов'язані, перш за все, з вирішенням науково-технічних питань.

Метою статті є розгляд проблемних науково-технічних питань, які виникають при розробці електромагнітної зброї, яка призначена для ураження (подавлення) електронного обладнання.

Викладення основного матеріалу

При впливі потужного електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону в першу чергу уражаються (подавляються) приймальні пристрої радіоелектронної апаратури, тому що вони є найбільш чутливими та незахищеними приладами. Впливати на роботу електронних вузлів (блоків) електронної апаратури також можливо через ланцюги живлення, кабелі (дроти), з'єднувачі тощо.

При впливі потужного електромагнітного випромінювання оптичного діапазону уражаються (подавляються) приймальні пристрої оптико-електронної апаратури, а при впливі надпотужного випромінювання – уражаються оптичні елементи, діелектричні та металеві конструкції. Вплив потужного електромагнітного випромінювання викликає функціональні порушення роботи радіоелектронної (оптико-електронної) апаратури, які викликані, в першу чергу, змінами характеристик напівпровідникових елементів. У загальному випадку функціональні порушення слід розділяти на:

а) функціональне ураження (працездатність апаратури не відновлюється через необоротні зміни характеристик напівпровідникових елементів);

б) функціональне подавлення (працездатність апаратури повністю відновлюється через оборотні (короткочасні) зміни характеристик напівпровідникових елементів).

Також можлива ситуація, коли характеристики напівпровідникових елементів відновлюються частково. При цьому, якщо після закінчення часу відновлення апаратура залишається працездатною (в межах допустимих значень), то слід говорити про функціональне подавлення, у протилежному випадку – про функціональне ураження.

При оборотних відмовах час відновлення характеристик напівпровідникових елементів може змінюватись в широких межах – від одиниць мілісекунд до десятків хвилин. При необоротних відмовах радіоелектронна (оптико-електронна) апаратура потребує ремонту.

Досягнення функціонального ураження об'єкту впливу ЕМЗ є більш ефективним, ніж досягнення функціонального подавлення, навіть незважаючи на те, що відстань (радіус) дії потужного електромагнітного випромінювання на елемент оптико або радіоелектронної апаратури, при якому досягається функціональне подавлення, більше, ніж відстань (радіус), при якому досягається функціональне ураження. Однак для складних об'єктів, які мають у своєму складі різноманітну радіоелектронну та (або) оптико-електронну апаратуру, досягнення функціонального ураження (подавлення) залежить від ряду факторів.

Умовно відстань між джерелом випромінювання та об'єктом впливу можна поділити на наступні основні зони (рис. 1):

а) зона А – зона досягнення функціонального ураження всієї радіоелектронної (оптико-електронної) апаратури;

б) зона Б – зона досягнення часткового функціонального ураження та тривалого функціонального подавлення;

в) зона В – зона досягнення тривалого та короткочасного функціонального подавлення;

г) зона Г – зона досягнення короткочасного або часткового функціонального подавлення;

д) зона Д – безпечна зона.

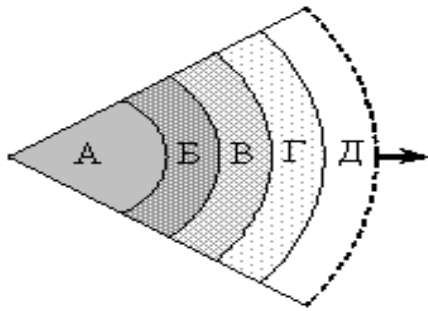


Рис. 1. Умовні зони дії потужного електромагнітного випромінювання на об'єкт впливу електромагнітної зброї, який має в своєму складі різноманітну оптико- та (або) радіоелектронну апаратуру

Форма та розміри цих зон залежать від багатьох взаємозалежних факторів, таких як:

1. Фактори, які характеризують структурні елементи оптико- та радіоелектронної апаратури, що уражається (подавляється):

- а) режим роботи:
 - ввімкнений стан;
 - вимкнений стан;
- б) характеристики приймальних пристроїв:
 - ширина діаграми спрямованості (кут поля зору) приймальних пристроїв радіоелектронної (оптико-електронної) апаратури;
 - рівень бокових пелюсток засобів, які працюють в радіодіапазоні довжин хвиль (радіолокаційні, навігаційні, зв'язку);
 - коефіцієнти підсилення приймальних антен (приймальної оптики);
 - робоча довжина хвиль приймальних пристроїв;
 - ширина смуги пропускання приймального пристрою;
 - в) граничні рівні потужності (енергії), при яких настає функціональне ураження (подавлення) елементів радіоелектронної (оптико-електронної) апаратури;

- г) ступінь захищеності елементної бази:
 - характеристики пристроїв екранування;
 - характеристики захисних пристроїв;
- д) монтаж кабелів та дротів живлення (функціонального зв'язку між електронними блоками (вузлами) тощо), їх довжина та ступінь екранування тощо;

2. Фактори, які характеризують джерело потужного електромагнітного випромінювання:

- а) режим роботи:
 - безперервне випромінювання;
 - випромінювання серії (пачки) імпульсів;
 - випромінювання поодиноким імпульсу;
- б) форма імпульсу, що випромінюється:
 - відеоімпульс (ЕМІ-зброя);
 - НВЧ-імпульс (мікрохвильова зброя);
- в) характеристики імпульсу, що випромінюється:
 - тривалість імпульсу;
 - тривалість фронтів відеоімпульсу або тривалість зростання та спаду огинаючої НВЧ-імпульсу;
 - поляриність (для відеоімпульсу);

- довжина хвилі (діапазон довжин хвиль) випромінювання (для оптичного та НВЧ-випромінювання) або несуча частота (частота заповнення);
- потужність (енергія, інтенсивність) випромінювання;

- г) характеристики системи випромінювання:
 - форма та ширина діаграми спрямованості випромінювання (для радіодіапазону);
 - розходження променя лазерного випромінювання, тощо;

3. Фактори, які характеризують взаємозв'язок між джерелом потужного електромагнітного випромінювання та апаратурою, на яку воно діє:

- а) взаємна орієнтація діаграм спрямованості джерела потужного випромінювання та приймального пристрою, на який здійснюється вплив;
- б) відстань між джерелом потужного випромінювання та апаратурою, на яку воно діє;
- в) збіг довжини хвилі випромінювання, що діє, і робочої довжини хвилі засобу, на який здійснюється вплив (в оптичному та мікрохвильовому діапазонах);
- г) смуговий або позасмуговий вплив тощо.

Для першої групи факторів перш за все необхідно володіти інформацією про граничні рівні потужності (енергії) ураження (подавлення) оптико та радіоелектронної апаратури, на яку передбачається впливання. Основою для цієї інформації є данні про граничні рівні потужності (енергії) ураження (подавлення) елементів електронної техніки в залежності від параметрів випромінювання, що впливає.

Із всієї номенклатури елементів електронної техніки найбільш уразливими є чутливі елементи приймальних пристроїв (різноманітні детекторні та змішувальні НВЧ-діоди (рис. 2), фотоприймачі), а також інші елементи сучасної мікроелектроніки (польові транзистори, інтегральні мікросхеми тощо) [2 – 5].

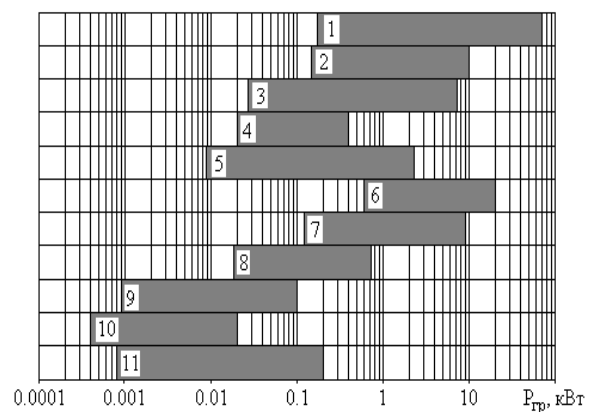


Рис. 2. Граничні рівні потужності ураження напівпровідникових елементів [5]:

- 1 – потужні транзистори; 2 – тринистори;
- 3 – германієві транзистори; 4 – перемикаючі транзистори; 5 – малопотужні транзистори;
- 6 – випрямні діоди; 7 – опорні діоди;
- 8 – комутуючі діоди; 9 – діоди з точковим контактом; 10 – НВЧ-діоди;
- 11 – інтегральні мікросхеми

Стійкість елементів електронної техніки залежить як від конструктивно-технологічного виконання, так і від параметрів випромінювання, що впливає (друга група факторів) [3, 9]. При розгляданні питань, пов'язаних зі стійкістю радіоелектронної апаратури до впливу електромагнітних полів, необхідно врахувати її антенні властивості, режими роботи, екранування, розміщення, особливості проходження сигналів, що впливають, тощо. Таким чином, на підставі цих даних можна оцінити оптимальні параметри випромінювання, які дадуть можливість найбільш ефективно впливати на електронне обладнання цілі (цілей), та оцінити можливість технічної реалізації джерел потужного електромагнітного випромінювання.

У якості прикладу вибору оптимальної частоти НВЧ-випромінювання, яке ефективно впливає на зразок озброєння, можна привести дані про ефект впливу НВЧ-випромінювання на електронну апаратуру вертольоту (рис. 3) [10]. На рис. 4 відображені ймовірність зриву завдання, що виконується, та ймовірність змушеної посадки вертольоту в залежності від частоти НВЧ-випромінювання, що впливає. З рисунка видно, що частота НВЧ-випромінювання, яка діє на елементи керування вертольотом і приводе до змушеної посадки з ймовірністю 0,5, повинна бути не нижче $\sim 2 \times 10^2$ ГГц, а частота, яка діє на іншу апаратуру і приводе до зриву завдання з ймовірністю 0,5, повинна бути не нижче ~ 2 ГГц.



Рис. 3. Критична до впливу НВЧ-випромінювання електронна апаратура вертольоту

Подібні дослідження наведені в [12], в яких вивчались ефекти впливу потужного мікрохвильового випромінювання, тестові характеристики якого наведені в табл. 1, на літак (рис. 5) та електронні засоби цивільної інфраструктури (рис. 6). При проведенні випробувань з літаком були встановлені наступні ефекти:

- ефекти функціонального подавлення починали спостерігатися при напруженості поля у кілька сотень вольт на метр (для частот 1,3 та 2,86 ГГц);
- ефекти функціонального ураження починали спостерігатися при напруженості поля 15 – 25 кВ/м та мали місце тільки для частот 1,3 та 2,86 ГГц;
- ефекти функціонального ураження озброєння спостерігалися також при його вимкненому стані.

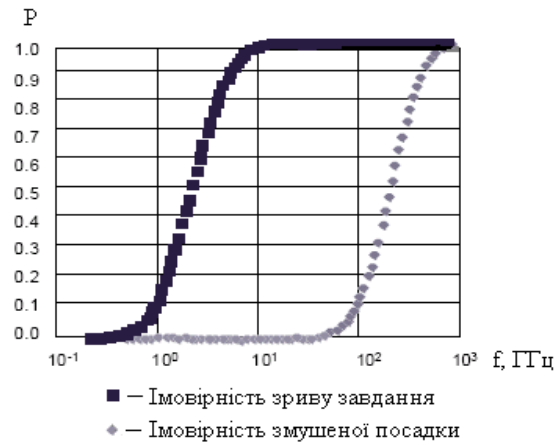


Рис. 4. Ймовірності зриву завдання та змушеної посадки вертольоту в залежності від частоти НВЧ-випромінювання, що впливає



Рис. 5. Тестування літака мікрохвильовим випромінюванням

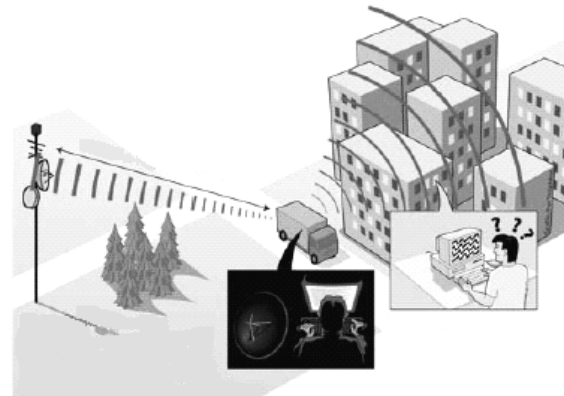


Рис. 6. Тестування цивільних електронних засобів мікрохвильовим випромінюванням

Таблиця 1
Тестові характеристики мікрохвильового випромінювання

Частота, ГГц	Максимальна пікова потужність та відповідна напруженість поля на відстані 15 метрів, МВт (кВ/м)	Тривалість імпульсу, мкс
1,30	25 (30)	0,5 – 5,6
2,86	20 (34)	
5,71	5 (17)	
9,30	1 (11)	
15,0	0,25 (6,1)	

При проведенні випробувань на електронні засоби цивільної інфраструктури (зовнішні антени та сенсори, комп'ютери та комунікаційні мережі тощо) також спостерігались ефекти функціонального ураження та подавлення в залежності від відстані та ступеню захисту (наприклад, в спорудах).

Висновки

Більшість науково-технічних проблем, які вирішуються при розробці електромагнітної зброї, є складними, наукомісткими та потребують досить великих часових, матеріальних та фінансових витрат, пов'язаних з проведенням фундаментальних, пошукових та прикладних наукових досліджень зі створенням часткових та узагальнених математичних моделей, різноманітних експериментальних стендів, спеціальних лабораторій та полігонів для проведення випробувань тощо. Ці науково-технічні проблеми в повному обсязі можуть бути вирішені тільки провідними державами світу. Для держав з обмеженими науково-технічними, фінансовими й матеріальними можливостями на підставі визначених пріоритетних завдань вирішення науково-технічних проблем можливе тільки по деяким напрямкам.

Список літератури

1. Военный энциклопедический словарь. – Редкол.: А.П. Горкин, В.А. Золотарев и др. – М.: Большая Российская энциклопедия, "РИПОЛ КЛАССИК". – 2002. – 1664 с.
2. Ковтуненко О.П., Богучарський В.В., Слюсар В.І., Федоров П.М. Зброя на нетрадиційних принципах дії (стан, тенденції, принципи дії та захист від неї): Монографія / Полтава.: ПВІЗ. – 2006. – 247 с.
3. Добыкин В.Д., Куприянов А.И., Пономарев В.Г., Шустов Л.Н. Радиоэлектронная борьба. Слововое поражение радиоэлектронных систем / Под. ред. А.И. Куприянова. – М.: Вузовская книга, 2007. – 487 с.
4. Панов В.В., Саркисьян А.П. Некоторые аспекты проблемы создания СВЧ-средств функционального поражения // Зарубежная радиоэлектроника. – 1993. – № 10. – С. 3-11.
5. Викулов О.В., Добыкин В.Д., Дрогалин В.В., Казаков В.Д., Меркулов В.И., Чернов В.С., Шабатура Ю.М.

Современное состояние и перспективы развития авиационных средств радиоэлектронной борьбы // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 1998. – №12. – С. 3-16.

6. Carlo Kopp. Electromagnetic bomb a weapon of electronic mass destruction [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.abovetopsecret.com/pages/ebomb.html>.

7. Eileen M. Walling. High Power Microwaves Strategic and Operational Implications for Warfare [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.au.af.mil/au/awc/awccsat.htm>.

8. Герд Вуллман Оружие направленного действия: факт или вымысел? Обзор технологий и достижений [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://poligonbtvt.narod.ru/Laser/Lazer.htm>.

9. Mark Scottl. Progress in Directed Energy Weapons. Part I: High Energy Lasers // WSTIAC – Weapon Systems Technology Information Analysis Center. – 2003. – Vol.4 – Number 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wstiac.alionscience.com/pdf/>.

10. Edward P. Scannell. Progress in Directed Energy Weapons. Part II: High Power Microwave Weapons // WSTIAC – Weapon Systems Technology Information Analysis Center. – 2003. – Vol.4 – Number 3 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wstiac.alionscience.com/pdf/>.

11. Charles E. Park. Directed Energy Weapons and the Asymmetric Fight // WSTIAC – Weapon Systems Technology Information Analysis Center. – 2007. – Vol.7 – Number 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wstiac.alionscience.com/pdf/>.

12. Mats Bäckström, Bardo Nordström, Karl G. Lövsstrand. Is HPM a threat against the civil society? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ursi.org/Proceedings/ProcGA02/papers/p0453.pdf>.

13. Clay Wilson. High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments. CRS Report for Congress.- March 26, 2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fas.org/sgp/crs/natsec/RL32544.pdf>.

Надійшла до редколегії 14.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук співр. О.Б. Леонтєв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, Харків.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОРУЖИЯ

Е.А. Авчинников

Рассмотрены основные научно-технические проблемы разработки электромагнитного оружия. Показано, что наиболее наукоемкими и требующие значительных временных, финансовых и материальных затрат на проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований с обязательным проведением экспериментальных исследований в специальных лабораториях и на полигонах являются исследования связанные с получением данных о стойкости электронного оборудования к воздействию излучению, оценкой оптимальных характеристик излучения и техническая реализация источников мощного электромагнитного излучения.

Ключевые слова: электромагнитное оружие, функциональное поражение, функциональное подавление.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF THE ELECTROMAGNETIC WEAPONS

E.O. Avchinnikov

The fundamental scientific and technical problems of development of the electromagnetic weapons are surveyed. It is shown, that the most high technology and requiring significant time, financial and material costs to conduct fundamental, research and applied scientific surveys with mandatory performing experimental researches in special laboratories and on polygons are researches related with data about durability of electronic equipment to effecting radiation, an estimation of optimum performances of radiation and technical implementation of sources of electromagnetic radiation.

Keywords: electromagnetic weapons, functional defeat, functional suppression.