

УДК 629.381

О.І. Тимочко<sup>1</sup>, Д.В. Чуйков<sup>2</sup>, А.М. Булай<sup>1</sup><sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків<sup>2</sup>Метрологічний центр військових еталонів, Харків

## ВИМОГИ ДО ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ МАГНІТНИХ ПОЛІВ ПЕРСПЕКТИВНОГО КОРВЕТУ

*Обґрунтовано, що вирішення проблеми захисту перспективного корвету від противокорабельних мін і торпед полягає у зменшенні рівня його магнітних полів. Визначені особливості застосування сучасної мінної зброї. З використанням результатів аналізу технічних параметрів магнітної мінної зброї обґрунтовані вимоги до рівнів вимірювання параметрів магнітних полів перспективного корвету.*

**Ключові слова:** корвет, магнітне поле, вимірювання параметрів магнітного поля, магнітна індукція.

### Вступ

#### Постановка проблеми та аналіз літератури.

Сучасний стан озброєння Військово-морських сил в державі свідчить про необхідність оновлення надводної складової, в тому числі створення нових зразків кораблів з урахуванням тенденцій розвитку військової науки та науково-технічного прогресу. Таким чином, створення перспективного корвету є пріоритетним напрямком у програмі розвитку озброєння та військової техніки на найближчу перспективу [1].

Однією з особливостей сучасних кораблів є можливість автономно виконувати низку задач: від завдання вогневого удару до забезпечення захисту від засобів ураження (нападу) противника.

Однією з функцій забезпечення захисту від засобів ураження противника є захист від противокорабельних мін та торпед, які, як правило, працюють на „фізичних” принципах [2 – 4]. Тому забезпечення необхідного рівня фізичних полів перспективного корвету з метою підвищення рівня захищеності є актуальною задачею.

**Метою статті** є обґрунтування особливостей метрологічного обслуговування перспективного корвету при проведенні вимірювань параметрів магнітних полів.

#### Виклад основного матеріалу

Аналіз особливостей вимірювання параметрів магнітних полів кораблів проведемо за характеристиками противокорабельних мін і торпед. Досвід застосування морської мінної зброї у війнах та військових конфліктах показав, що за критерієм “ефективність – вартість” вона претендує на одне з перших місць серед звичайних засобів морської зброї [2].

Морська мінна зброя стає усе більш привабливою не тільки для великих морських держав, але й слаборозвинених держав і навіть терористичних угруповань. В даний час мінування вважається найбільш економічним видом бойових дій на море, що дозволяє при мінімальних витратах матеріальних ресурсів і часу вирішувати бойові задачі у війнах і

військових конфліктах будь-якого масштабу з наступальними та оборонними цілями для вирішення стратегічних, оперативних та тактичних завдань. Основним засобом ведення мінної війни є швидке і потайно виставлення мін на основних комунікаціях та протичовнових рубежах, в акваторіях військово-морських баз, портів, у глибині стратегічної оборони противника завчасно та у ході бойових дій, тим самим створюючи постійну загрозу для сил флоту. Відомо, що сучасні зразки цієї зброї універсальні з точки зору використання у них різного типу неконтактних підрильників, які характеризуються високою чутливістю, вибірковістю цілей, протитральною стійкістю й живучістю. На даний час на озброєнні зарубіжних військово-морських сил стоять неконтактні міни з підрильниками: акустичними, гідродинамічними, сейсмічними, магнітосейсмічними, магнітогідродинамічними, акустогідродинамічними, магнітоакустичними, магнітоакустогідродинамічними тощо, всього відомо більш ніж 70 типів мін [2, 4]. В цілому, до мінної зброї пред’являються такі вимоги [2 – 4]:

– ураження надводних кораблів та суден у районах з глибинами до 6000 м, підводних човнів у підводному положенні на глибинах до 900 м у районах з глибинами до 1200 м;

– можливість застосування на різних морських та океанських театрах воєнних дій, а також на внутрішніх водних шляхах;

– тривалі терміни служби (у бойовому взводі) при збереженні високої надійності апаратури;

– забезпечення захисних якостей (висока протитральна стійкість, забезпечення захисту від систем протидії);

– можливість дистанційного мінування районів, захід в які носіїв мін виключений або ускладнений;

– наявність каналу телеуправління, приладу розпізнавання „фізичного портрету корабля”, системи визначення “свій-чужий”;

– можливість мінування з літаків ударної, протичовнової та військово-транспортної авіації, а також з вертольотів, надводних кораблів та підводних човнів, транспортних суден.

Роботи у галузі удосконалення мінної зброї, що виконуються в провідних країнах НАТО, передбачають: розширення зони ураження мін; удосконалення уніфікованих багатоканальних підричників; віддільників мін й бортової електронної апаратури; збільшення глибини поставлення й підвищення протитральної стійкості мін; удосконалення систем телеуправління; підвищення вражаючої здатності бойових частин, у тому числі завдяки застосуванню нових вибухових речовин та кумулятивних бойових частин; удосконалення джерел живлення; поліпшення вагогабаритних характеристик; підвищення вибіркової здатності; удосконалення системи класифікації й розпізнання цілей та інше.

Удосконалення неконтактних підричників, бортової апаратури й неконтактних віддільників мін здійснюється шляхом використання новітніх досягнень у галузі мікрорадіоелектроніки, мікроенергетики й мікропроцесорної техніки, а також збільшенням чутливості й застосуванням комбінацій датчиків. Сучасні міни оснащені неконтактними підричниками з високим ступенем захисту, в яких використовуються декілька каналів (не менш двох) отримання інформації різної фізичної природи про ціль, та компактними спецобчислювачами (у складі мікро електронно-обчислювальних машин, блоку обробки сигналів, запам'ятовуючих пристроїв) і системами штучного інтелекту, що в сукупності дозволяє класифікувати кораблі, які ідентифікуються, не тільки за класами, а і за типами. У результаті підвищуються вибірна здатність мін, можливість виявлення й визначення з високою імовірністю місцеположення конкретної цілі навіть серед групових цілей, поліпшується адаптація порогів спрацювання підричників до умов навколишнього середовища, забезпечується самодіагностика мін. Крім того, це дозволяє вибирати оптимальну дистанцію до цілі у момент підриву міни, відрізяти реальну ціль від імітаторів, а у перспективі здійснювати розпізнавання цілей за принципом "свій-чужий". Для реалізації вказаних напрямків необхідно удосконалити методи обробки сигналів від цілі, що дозволить забезпечити їх надійну класифікацію, а в подальшому визначати координати цілі у реальному масштабі часу. Важливим напрямком є збирання й аналіз сигнатур фізичних полів корабельного складу імовірного противника з метою формування "банка цілей" для розпізнавання зразків цілей за еталонними сигналами з урахуванням фізичних параметрів підводної обстановки. У залежності від введених у бортову електронно-обчислювальну машину міни початкових даних її процесор, аналізуючи численні характеристики з сигналами фізичних полів "банку цілей", визначає вид цілі, характер її діяльності, найкоротшу дистанцію до неї й видає команду на підриу міни [3].

Отже, світові тенденції розвитку морської мінної зброї полягають:

– збільшенні дальності виявлення кораблів-цілей із значно зниженими рівнями фізичних полів;

– рішенні завдань ураження швидкісних цілей, у тому числі підводних човнів та кораблів із динамічними принципами підтримки;

– модернізації існуючих та розробці перспективних уніфікованих та універсальних за цілями багатоканальних підричників;

– зниженні помітності донних та якірних мін;

– підвищенні вибіркової спроможності мін, протитральної стійкості, оснащенні мін системами дистанційного управління станом "небезпечно-безпечно-ліквідація";

– удосконаленні бортових джерел живлення;

– створенні транспортних мін, які виконують різні завдання;

– зменшенні часу атаки цілі бойовими частинами при одночасному підвищенні надійності, перешкодостійкості, перешкодозахищеності, оптимізації вибору цілі з декількох;

– просторовооптимізованих траєкторій атаки;

– поліпшенні вагогабаритних характеристик, створенні комплексів, адаптованих за габаритами до авіаційних та човнових носіїв флотів світу [5].

Викладене обумовлює необхідність удосконалення й розробки нових ефективних засобів та способів протимінного захисту надводних кораблів й підводних човнів.

Тому предметом розгляду у даній статті є морська магнітна мінна та протимінна зброя, у подальшому увага буде приділена саме питанням, пов'язаним з її застосуванням.

Принцип дії магнітних неконтактних підричників заснований на використанні сигналів одного чи двох фізичних полів, які створюються кораблем: магнітного (приріст величини магнітного поля Землі за рахунок магнітної маси корабля), індукційного (явище електромагнітної індукції). У першому випадку у мінному підричнику за чутливий елемент застосовується пристрій, подібний магнітній стрільці компасу – під впливом магнітного поля корабля-цілі вона повертається, замикаючи контакти ланцюга запального пристрою. У магнітному індукційному підричнику динамічного типу реагуючим елементом є індукційна котушка. При наближенні корабля до міни у котушці наводиться електрорушійна сила, яка забезпечує спрацювання запального пристрою неконтактного підричника [2].

У перспективних магнітних підричниках найбільш ймовірно застосування датчиків з тонкоплівковими й лазерними магнітометрами, що дозволяє зменшити їх розміри й підвищити чутливість, збільшити ударо- й вибухостійкість, зменшити споживання енергії [3].

Будь-яка інформація щодо чутливості датчиків сучасних магнітних мін у відкритій літературі відсутня. Відомо лише, що у часи другої світової війни донні магнітні міни реагували на відхилення величини вертикальної складової магнітного поля від її незбуреного значення, тобто від вертикальної скла-

дової земного магнітного поля, на 10...20 мЕ (в одиницях індуктивності  $10^{-6}$  Тл). Якщо магнітне поле корабля (його вертикальна складова) при його проходженні над такою міною перевищувало цю величину, здійснювався вибух [3].

На даний час за кордоном все більше уваги приділяється відомим методам пасивного захисту кораблів від мінної магнітної зброї шляхом зниження рівнів магнітного й електричного полів кораблів. При цьому домагаються оптимального співвідношення між їх характеристиками та дистанціями спрацювання неконтактних магнітних підричників мін. Чим слабкіша інтенсивність полів, тим менша дистанція підриву міни. З одного боку, це є сприятливим фактором й дозволяє кораблю з більшою імовірністю форсувати заміновані райони, а з другого – небезпечним, оскільки скорочується відстань до місця можливого підриву. Відмічається, що фізичні поля кораблів достатньо добре вивчені, розроблені відповідні конструктивні заходи для зниження їх рівнів [2].

При розмагнічуванні кораблів потрібно вимірювати магнітне поле корабля на різних глибинах. Створений для цих досліджень магнітометр використовувався як у ході розробки методу розмагнічування, так і у практичних роботах із захисту кораблів. Головна деталь цього магнітометру – обертова рамка, в якій виникав струм, пропорційний магнітному полю, в якому знаходилась рамка. Для підвищення точності вимірювання застосовувався нульовий метод, тобто вимірювалась сила струму у додатковій нерухомій рамці, поле якого компенсувало зовнішнє магнітне поле. Компенсація реєструвалась за відсутністю струму в обертовій рамці, і за силою компенсаційного струму визначалося магнітне поле. Прилад мав змогу переміщуватися по штанзі вперек корабля, а штанга – переміщатися уздовж борта корабля і у глибину. Це дозволяло вимірювати магнітне поле в усіх потрібних точках.

У стаціонарних умовах для вимірювання магнітного поля використовувалось також інше обладнання, наприклад, розміщені на морському дні індукційні котушки, над якими проходив корабель. На березі розміщувалася контрольна апаратура. У випадку індукційної котушки це був флюксометр з фотоприставкою для запису параметрів магнітного поля корабля, що перевірявся [5].

З метою удосконалення методів протимінного захисту кораблів були проведені наступні дослідження: вивчення магнітних властивостей корабельних сталей, необхідних для розрахунку розмагнічуючих обмоток й забезпечення найбільшої стабільності безобмоткового розмагнічування, вплив різних факторів (наприклад, вібрації) на стійкість залишкового розмагнічування. Було розроблено засіб підвищення ефективності безобмоткового розмагнічування кораблів. Досліджено екрануючий вплив корпусу корабля на поле розмагнічуючих обмоток, що дозволило перейти на укладку обмоток усередині

корпусу. Удосконалення методу безобмоткового розмагнічування дозволило захищати й більш великі кораблі. Було накопичено досвід обладнання кораблів тимчасовими обмотками [4].

Завдяки дослідженням, виконаним провідними морськими державами світу, сучасні кораблі оснащуються розмагнічуючими пристроями, які враховують курс, місцеположення, хитання корабля. Вимірювання магнітного поля здійснюється магнітометром і отримані дані передаються на центральний або автономні (для кожної обмотки) мікропроцесори для регулювання у них сили струму [5].

Слід підкреслити, що на даний час, за думкою закордонних спеціалістів, досягнута чутливість магнітних підричників пред'являє настільки високі вимоги до рівня магнітного поля корабля, що заходи з його зниження набувають домінуюче значення. Але будь-яких кількісних характеристик щодо цих вимог (діапазону вимірювання, точності вимірювань тощо) у доступних інформаційних джерелах не наведено.

Визначимо вимоги до точності вимірювань параметрів магнітної індукції змінного магнітного поля перспективного корвету.

Потрібні оцінки показників точності вимірювань параметрів магнітної індукції змінного магнітного поля у статті отримані непрямым шляхом. Вище відмічалось, що індуктивна чутливість магнітних мін за часів другої світової війни становила  $10^{-6}$  Тл. Враховуючи, що завдяки застосуванню методів розмагнічування кораблів їх підриви на таких мінах був повністю виключений, а також досягнуте на даний час зниження інтенсивності магнітного поля сучасних кораблів більш, ніж на порядок, можна прийняти значення верхньої границі діапазону вимірювань магнітного поля кораблів на рівні  $10^{-8}$  Тл. З іншого боку, сучасні магнітометри, які застосовуються при вимірюваннях магнітного поля Землі (тобто поля, відмінність від якого магнітного поля кораблів покладена в основу дії морської магнітної зброї) мають діапазон  $10^{-11} - 1 \cdot 10^{-4}$  Тл, причому похибка вимірювання в діапазоні  $1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-4}$  Тл становить 0,01...0,005 %. Можна припустити, що у перспективних магнітних мінах чутливість підривних засобів буде близькою до чутливості цих магнітометрів, тобто  $10^{-10} - 10^{-9}$  Тл.

Слід відмітити, що незбурене значення індукції магнітного поля Землі (без урахування його періодичних коливань) змінюється від екватору до полюса відповідно від  $0,42 \cdot 10^{-4}$  Тл до  $0,7 \cdot 10^{-4}$  Тл (у районі Чорного моря приблизно  $0,47 \cdot 10^{-4}$  Тл). У спокійний час у низьких і середніх широтах спостерігаються періодичні сонячно-добові та місячно-добові коливання індукції геомагнітного поля з амплітудами  $(3...7) \cdot 10^{-8}$  Тл та  $(1...5) \cdot 10^{-9}$  Тл відповідно. Магнітні збурення, що іменуються магнітними бурями, мають тривалість від доби до чотирьох діб. У цей час амплітуда коливань індукції геомагнітного поля може перевищувати величину  $1 \cdot 10^{-6}$  Тл.

На основі викладеного можна стверджувати, що засоби виміральної техніки, які використовуються при виробництві, випробуваннях і застосуванні морської магнітної мінної та протимінної зброї, повинні забезпечувати необхідні вимірювання індукції в діапазоні  $10^{-8}$  –  $10^{-3}$  Тл (у перспективі до  $10^{-10}$  Тл) з припустимою похибкою 0,01...0,005 % від значення верхньої межі діапазону. Магнітні поля з таким рівнем індукції класифікуються як слабкі.

### Висновки

Таким чином, сформулюємо вимоги до точності вимірювань параметрів магнітної індукції магнітних полів (постійного та змінного) перспективного корвету:

– засоби вимірювання магнітної індукції, призначені для використання при виробництві, випробуваннях і застосуванні морської магнітної мінної й протимінної зброї, повинні забезпечувати необхідні вимірювання у діапазоні  $10^{-8}$  ...  $10^{-4}$  Тл (у перспективі – до  $10^{-10}$  Тл) з припустимою похибкою 0,01 ... 0,005 % від значення верхньої межі діапазону;

– вимірювання рівня коефіцієнту індукції змінного магнітного поля корабля повинні здійснюватись

в діапазоні від 60 до 140 дБ, частотний діапазон при цьому знаходиться у межах від 1 до 5000 Гц.

### Список літератури

1. Біла книга 2012. Оборонна політика України. – К.: Міністерство оборони України, 2012. – 120 с.
2. Майборода В.Г. Досвід ведення мінної війни на морі у локальних конфліктах другої половини ХХ сторіччя / В.Г. Майборода, В.А. Почужевський // Зб. наук. праць Севастопольського ВМІ ім. Нахімова. – 2006. – № 1. – С. 9-18.
3. Мосалев В. Морские мины ВМС зарубежных стран / В. Мосалев // Морской сборник. – 2004. – № 10. – С. 65-72.
4. Федин А. Минное оружие ВМС иностранных государств / А. Федин // Зарубежное военное обозрение. – 1996. – № 7. – С. 44-52; № 8. – С. 49-55.
5. Герасимов С.В. Обґрунтування пропозицій щодо створення військового еталону одиниці магнітної індукції змінного магнітного поля / С.В. Герасимов, Г.М. Зубрицький, О.І. Тимочко // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. – № 2 (26). – С. 151-155.

Надійшла до редколегії 8.04.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук М.А. Павленко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО КОРВЕТА ОТНОСИТЕЛЬНО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

А.И. Тимочко, Д.В. Чуйков, А.Н. Булай

*Обоснованно, что решение проблемы защиты перспективного корвета от противокорабельных мин и торпед заключается в уменьшении уровня его магнитных полей. Определены особенности применения современного минного оружия. С использованием результатов анализа технических параметров магнитного минного оружия обоснованы требования к уровням измерения параметров магнитных полей перспективного корвета.*

**Ключевые слова:** корвет, магнитное поле корабля, измерения параметров магнитного поля, магнитная индукция.

### FEATURES OF METROLOGY MAINTENANCE OF PERSPECTIVE CORVETTE IN RELATION TO MEASURING OF PARAMETERS OF THE MAGNETIC FIELDS

A.I. Tymochko, D.V. Chuykov, A.M. Bulay

*Grounded, that the decision of problem of defence of perspective corvette from War-ship mines and torpedoes consists in diminishing of level of his magnetic fields. The features of application of modern mine weapon are certain. With the use of results of analysis of technical parameters of magnetic mine weapon grounded requirement to the levels of measuring of parameters of the magnetic fields of perspective corvette.*

**Keywords:** corvette, magnetic field of ship, measuring of parameters of magnetic-field, magnetic induction.