

УДК 681.371

С.В. Герасимов<sup>1</sup>, Д.А. Філістєєв<sup>2</sup><sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків<sup>2</sup>Штаб Військово-Морських Сил Збройних Сил України, Севастополь

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО СТВОРЕННЯ ВІЙСЬКОВОГО ЕТАЛОНУ ОДИНИЦІ МАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ ПОСТІЙНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ

В статті за результатами аналізу показана необхідність удосконалення засобів вимірювальної техніки та нормативної бази з вимірювання параметрів магнітної індукції постійного магнітного поля кораблів Військово-Морських Сил Збройних Сил України, досліджено державну метрологічну схему передачі розміру одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля. Обґрунтовані пропозиції щодо створення військового еталону одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля для Військово-Морських Сил Збройних Сил України. Результати пропонується упровадити при закупівлі воєнного еталону одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля.

**Ключові слова:** вихідний еталон, магнітна індукція постійного магнітного поля, метрологічна схема.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Аналіз останніх збройних конфліктів серед держав, які мають вихід до моря, показав, що морську мінну війну можна визначити як комплекс заходів щодо використання мінної та протимінної зброї з метою знищення й утруднення дій сил противничої сторони, оборони свого узбережжя й своїх Військово-Морських Сил (ВМС), а також створення сприятливих умов для використання останніх [1 – 3].

Підвищення ролі морської мінної зброї в сучасних збройних конфліктах з застосування озброєння та військової техніки (ОВТ) ВМС обумовлено наступниками чинниками.

1. Морські міни дають можливість будь-якій прибережній державі, незалежно від їх технічного та економічного потенціалу, вирішувати завдання своєї оборони з морського напрямку найбільш оптимальним способом.

2. Морська мінна зброя – найбільш ефективний і дешевий вид морської зброї. Вона проста в застосуванні, використанні і, крім свого прямого бойового призначення, спроможна психологічно діяти на противника.

Тому в сучасних умовах за кордоном мінна зброя розглядається як один із найважливіших засобів для використання в збройній боротьбі на морі, а за критерієм “ефективність – вартість – наслідок” вона претендує на одне з перших місць серед звичайних засобів морської зброї.

Дієвим способом захисту військових кораблів і підводних човнів від морської мінної зброї є зниження рівня їх фізичних полів, особливо магнітного; зниження помітності для донних і якірних мін; поліпшення технічних характеристик кораблів-шукачів мін [4].

Однак рішення задачі зниження рівня магнітних полів кораблів ВМС Збройних Сил (ЗС) України з метою підвищення їх стійкості до магнітних протикорабельних мін і торпед неможливе без вирішення проблеми створення відповідної системи передачі одиниць магнітних величин. Ця проблема обумовлена відсутністю необхідних еталонів одиниць фізичних величин магнітних полів в метрологічних підрозділах ВМС ЗС України.

**Аналіз літератури.** Світові тенденції розвитку морської мінної зброї полягають у 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 по цілях багатоканальних підрильників; зниженні помітності донних та якірних мін; підвищенні вибіркової спроможності мін, протитральної стійкості, оптимізації вибору цілі з декількох; просторовооптимізованих траєкторій атаки; поліпшенні вагогабаритних характеристик, створенні комплексів, адаптованих за габаритами до авіаційних та човнових носіїв флотів світу [1 – 5].

Так, в ВМС США та НАТО ведуться інтенсивні роботи по удосконаленню й розробці нових зразків мінної зброї, а також сил та засобів захисту від неї [5].

Викладене обумовлює необхідність удосконалення й розробки нових ефективних засобів та способів протимінного захисту надводних кораблів й підводних човнів [6].

Методи захисту кораблів від магнітних мін підрозділяються на активні (тралення за допомогою неконтактних магнітних й електричних тралів) та пасивні (розмагнічування кораблів). На часткове вирішення проблеми відсутності військового етало-

ну одиниці магнітної індукції для проведення метрологічного обслуговування техніки для вимірювання рівнів магнітних полів кораблів та проведення їх подальшого розмагнічування направлена дана стаття.

**Мета статті** полягає в науковому обґрунтуванні пропозицій щодо створення військового еталону одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля для ВМС ЗС України.

### Основна частина

Нормативну основу метрологічного забезпечення становлять нормативні документи, що визначають зміст і організацію виконання робіт, спрямованих на забезпечення єдності вимірювань у сфері оборони [7, 8].

Нормативна основа метрологічного забезпечення магнітних вимірювань в Україні базується на державних первинних еталонах одиниць магнітної індукції, магнітного потоку, магнітного моменту та відповідних державних схемах передачі одиниць фізичних величин від первинних еталонів робочим засобам вимірювання та нормативних документах з повірки робочих еталонів і калібрування робочих засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), включаючи стандартні зразки магнітних матеріалів із відомими магнітними характеристиками, що виконують роль мір магнітних величин.

Передавання розмірів одиниць вимірювань (одиниць фізичних величин) ЗВТ – важлива і відповідальна функція, направлена на забезпечення єдності вимірювань у країні. Засоби, методи і точність передавання розмірів одиниць вимірювань від вихідного еталона до робочих еталонів і робочих ЗВТ устанавлюється повірочною схемою [9].

Повірочна схема регламентує методи, засоби, точність вимірювань і підпорядкування ЗВТ при передаванні розмірів одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля від еталонів робочим ЗВТ, а саме: від первинних еталонів – робочим, від робочих еталонів – ЗВТ. Передавання розміру одиниць через кожний ступінь повірочної схеми супроводжується якоюсь втратою точності, проте багатосхідчастість дозволяє зберігати еталони і одночасно передавати розмір одиниці вимірювань усім робочим ЗВТ.

На даний час відомча повірочна схема одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля, яка б діяла в рамках Міністерства оборони, відсутня. Це можна пояснити відсутністю відомчого еталону одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля. Тому, після розробки, виготовлення та прийняття на озброєння військового еталону одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля кораблів для ВМС ЗС України необхідно буде розробити та затвердити відомчу повірочну схему одиниці магні-

тної індукції постійного магнітного поля.

Наступною групою нормативних документів з метрологічного забезпечення (вимірювання параметрів, фізичних величин) є методики передавання розмірів одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля від еталонів робочим ЗВТ. В країні поки ще використовується стара нормативна база з цього питання, наприклад, методика МИ 156 – 78 [10]. Однак ця методика не відповідає сучасній нормативній базі України з питань метрології. Наприклад, в них використовується стара термінологія (наприклад, зразкові засоби вимірювань (замість робочих еталонів), повірка робочих засобів вимірювань (замість калібрування) та інші), в якості робочих еталонів пропонуються технічно застарілі прилади. Тому такі методики, інструкції тощо слід ретельно переробити для подальшого використання в ЗС України. Серед нормативних документів, які були розроблені з питань проведення вимірювань магнітних величин, є “Інструкція з організації контролю та зниження рівнів полів кораблів і суден ВМС України у період їх експлуатації” (ІОКЗ ФПК – 2000), яка визначає порядок організації підготовки, проведення контрольних вимірювань параметрів фізичних полів кораблів, обов'язки посадових осіб щодо підтримки рівнів фізичних полів кораблів у межах встановлених норм.

Аналіз нормативної бази з вимірювання магнітної індукції постійного магнітного поля кораблів ВМС ЗС України показує, що існуючої документації достатньо для проведення метрологічного обслуговування приладів, які застосовуються при вимірюваннях. Однак практично всі документи вже застаріли, деякі з них не відповідають нормативним документам з метрології та метрологічної діяльності в Україні.

У зв'язку з цим відзначимо, що напрям досліджень, пов'язаний з розробкою методів і засобів метрологічного забезпечення приладів з вимірювання одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля, є перспективним. Очевидно, цей напрям повинен ґрунтуватися на обліку реальних умов роботи цих приладів, оскільки дані умови істотно розрізняються при використуванні в різних широтних зонах (це важливо враховувати, наприклад, при проведенні миротворчих операцій).

Розглянемо державну повірочну схему одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля, яка визначена ГОСТ 8.030 – 91 [9].

Еталон забезпечує відтворення одиниці магнітної індукції в діапазоні  $5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-4}$  Тл із середнім квадратичним відхиленням (СКВ) результату вимірювань не більш ніж  $1 \cdot 10^{-6}$  Тл при десятих незалежних спостереженнях. Невиключена систематична похибка (НСП) не перевищує  $2,5 \cdot 10^{-6}$  Тл. Розмір одиниці передається робочим засобам вимірювань у

діапазоні  $1 \cdot 10^{-12}$  –  $5 \cdot 10^{-2}$  Тл відповідно до ГОСТ 8.030 – 91 за допомогою вторинних еталонів і зразкових засобів вимірювань трьох розрядів, які базуються на методах квантової магнітометрії – ядерному і атомному резонансі. Для середніх постійних магнітних полів розроблені державний спеціальний еталон і схема перевірки для діапазону  $5 \cdot 10^{-5}$ –2 Тл (ГОСТ 8.030 – 91) із СКВ  $3 \cdot 10^{-6}$  Тл, НСП  $1 \cdot 10^{-5}$  Тл. Еталон – це електромагніт із стабілізатором поля на основі протонного резонансу й еталонний тесламетр ЯМР [9].

Єдність вимірювань магнітної індукції змінного магнітного поля забезпечується за допомогою державного спеціального еталону і державної схеми перевірки для діапазону  $1 \cdot 10^{-13}$ –1 Тл при частоті 0,1–20 000 Гц (ГОСТ 8.030 – 91). Еталон відтворює розмір одиниці магнітної індукції в діапазоні  $1 \cdot 10^{-6}$  –  $2,5 \cdot 10^{-4}$  Тл при частотах 1–10 000 Гц із СКВ  $1 \cdot 10^{-4}$ – $5 \cdot 10^{-4}$  Тл і НСП не більш  $3 \cdot 10^{-4}$  Тл. Постійна котушки визначається розрахунком на основі розмірів обмоток. Частотні поправки постійної визначені на підставі теоретичних і експериментальних досліджень. Розмір одиниці, відтвореної спеціальним магнітним еталонном на постійному струмі. Передача розміру одиниці магнітної індукції зразковим і робочим засобам вимірювань здійснюється методом компарування з використанням квантових та індукційних компаруючих перетворювачів.

Проведений аналіз стану вимірювання індукції постійного магнітного поля в Україні дозволяє запропонувати наступні пропозиції щодо створення військового еталону одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля кораблів для ВМС ЗС України.

#### 1. Закупівля існуючого еталону за кордоном.

Такий підхід дозволяє економити кошти на розробці, виготовленні та дослідній експлуатації еталону, так як буде закуплений засіб вимірювання який вже експлуатується. Для закупівлі вибирається такий еталон, який має необхідні метрологічні характеристики, що задовольняють вимогам для вихідного еталону одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля для ВМС ЗС України. Однак при цьому є і негативні моменти.

По-перше, виникає питання подальшого метрологічного обслуговування такого еталону в процесі його експлуатації (проведення контролю метрологічних характеристик). Якщо метрологічне обслуговування планується проводити силами метрологічних підрозділів України, то еталон, що закуповується, повинен пройти відповідну атестацію на можливість проведення операцій контролю метрологічних характеристик за допомогою технічних засобів, що є на Україні.

В протилежному випадку, необхідно розглядати питання проведення метрологічного обслуговування

фірмою-продавцем еталону. А це, в свою чергу, призведе до подорожчання процесу обслуговування, тобто експлуатації такого еталону.

По-друге, виникає питання де закуповувати необхідний еталон. Враховуючи, що переважна більшість ОВТ і вимірювальної техніки, яка експлуатується в ВМС ЗС України є радянського виробництва, то і закуповувати еталон потрібно в Росії, де є необхідна нормативна та технічна база для виготовлення необхідного еталону та подальшого його метрологічного забезпечення в процесі експлуатації. На користь такого рішення впливає і те, що в місті Севастополь є Центральна метрологічна лабораторія Чорноморського флоту Росії, яка займається питання розмагнічування кораблів Чорноморського флоту Росії. Еталонна база магнітних величин цієї лабораторії метрологічно обслуговується виїзною бригадою з науково-дослідного інституту ім. Менделєєва (Санкт-Петербург), провідної організації світу з питань магнітних вимірювань.

Однак, враховуючи те, що приблизно 80 % ЗВТ ВМС ЗС України експлуатуються більше 15 років і більше та євроатлантичні прагнення України слід розглядати варіант закупівлі еталону в державах НАТО. Однак це буде економічно вигідно тільки при умові переоснащення ОВТ і вимірювальної техніки за стандартами НАТО і створення відповідної системи метрологічного забезпечення, суміжною з системою метрологічного забезпечення ОВТ ЗС країн-членів блоку НАТО.

#### 2. Створення еталону на базі існуючих технічних приладів.

Можливо на базі наявних в метрологічних підрозділах ВМС ЗС України котушок Гельмгольца розробити еталон одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля. При цьому теж виникає питання подальшого метрологічного обслуговування такого еталону.

В Україні відсутній повірений еталон індукції слабкого постійного магнітного поля (міра магнітної індукції слабкого магнітного поля – міра, яка відтворює магнітну індукцію значенням менш ніж 0,05 Тл), так як він, на сьогодні в зв'язку зі складним фінансовим становищем, не де, крім в ВМС ЗС України не використовується. Тому, необхідно буде вирішувати питання повірки котушок за кордоном (при цьому виникають аналогічні проблеми, що і в першій пропозиції – на які стандарти орієнтуватися: на стандарти Росії чи НАТО). Крім того, необхідно буде розробити відповідну нормативну базу.

Серед вимог щодо створення військового еталону одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля для ВМС ЗС України виділимо наступні:

– можливість досягнення необхідних чутливості та точності в заданому діапазоні вимірювання параметрів;

– достатні інформативність та універсальність;  
 – простота конструкції та експлуатації, надійність, економічність;  
 – можливість автоматизації настроювання, вимірювання та оброблення результатів;  
 – забезпечення можливості неруйнівного контролю якості матеріалу, зразка або виробу.

Для визначення необхідності розробки чи закупівлі еталону одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля для ВМС ЗС України пропонується провести додаткові наукові дослідження по запропонованим пропозиціям.

### Висновок

Обґрунтовані в статті пропозиції можуть бути використані при закупівлі чи розробці вихідного еталону одиниці магнітної індукції постійного магнітного поля для ВМС ЗС України.

### Список літератури

1. Томчук П. Противоминная защита надводных кораблей / П. Томчук, А. Колпаков, В. Сидоренков // *Морской сборник*. – 1986. – № 11. – С. 81-84.
2. Майборода В.Г. Досвід ведення мінної війни на морі у локальних конфліктах другої половини ХХ ст. / В.Г. Майборода, В.А. Почужевський // *Зб. наук. пр. Севастопольського ВМІ ім. Нахімова*. – 2006. – № 1. – С. 9-18.

3. Овсянников В. Морское минное оружие / В. Овсянников // *Техника и вооружение*. – 1986. – № 12. – С. 6-7.
4. Федин А. Минное оружие ВМС иностранных государств / А. Федин // *Зарубежное военное обозрение*. – 1996. – № 7. – С. 44-52; № 8. – С. 49-55.
5. Мосалев В. Морские мины ВМС зарубежных стран / В. Мосалев // *Морской сборник*. – 2004. – № 10. – С. 65-72.
6. Капранов О.М. Роль противоминной обороны на современном флоте / О.М. Капранов // *Судостроение*. – 2002. – № 4. – С. 29-33.
7. ДСТУ В 1.2. – 95. Метрологічне забезпечення озброєння і військової техніки. – К.: Держстандарт України, 1995. – 20 с.
8. Наказ Міністра оборони України від 15.12.2006 № 731 “Про затвердження нормативних документів з метрології та метрологічної діяльності”.
9. ГОСТ 8.030 – 91. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений магнитной индукции постоянного поля. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 10 с.
10. МИ 156 – 78. Методика поверки рабочих средств измерений магнитной индукции постоянного поля в диапазоне  $10^{-8} - 5 \cdot 10^{-2}$  Тл. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 11 с.

Надійшла до редколегії 15.05.2009

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

## ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ ВОЕННОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

С.В. Герасимов, Д.А. Філістеєв

В статье за результатами анализа показана необходимость усовершенствования средств измерительной техники и нормативной базы на измерение параметров магнитной индукции постоянного магнитного поля кораблей Военно-Морских Сил Вооруженных Сил Украины, исследована государственная метрологическая схема передачи размера единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля. Обоснованы предложения относительно создания военного эталона единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля для Военно-Морских Сил Вооруженных Сил Украины. Результаты предлагается внедрить при закупке военного эталона единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля.

**Ключевые слова:** военный эталон, магнитная индукция постоянного магнитного поля, метрологическая схема

## GROUND OF SUGGESTIONS ON CREATION OF MILITARY STANDARD UNITS OF MAGNETIC INDUCTION OF PERMANENT MAGNETIC-FIELD

S.V. Gerasimov, D.A. Filisteev

In the article as a result of analysis the necessity of improvement of facilities of measuring technique and normative base on measuring of parameters of magnetic induction of permanent magnetic-field of ships of Naval Forces of Military Powers of Ukraine, the state metrology chart of transmission of size of unit of magnetic induction of permanent magnetic-field is investigational. Grounded suggestion in relation to creation of military standard of unit of magnetic induction of permanent magnetic-field for Naval Forces of Military Powers of Ukraine. It is suggested to inculcate results at the purchase of military standard of unit of magnetic induction of permanent magnetic-field.

**Keywords:** military standard, magnetic induction of permanent magnetic-field, metrology chart