

УДК 623.983

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2022.2\(34\).108-115](https://doi.org/1034169/2414-0651.2022.2(34).108-115)

А. В. ДЕРЕПА, доктор технічних наук, професор
<https://orcid.org/0000-0001-7334-2237>

(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

О. Г. ЛЕЙКО, доктор технічних наук, професор
<https://orcid.org/0000-0002-9363-9270>

(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ)

К. А. ОЛІЙНИК, начальник науково-дослідного відділу розвитку морських озброєнь
<https://orcid.org/0000-0001-8007-6686>

М. В. ТЕЛЕПА, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу розвитку засобів інженерного озброєння та РХБЗ

<https://orcid.org/0000-0002-3773-6857>

(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ ЗРАЗКІВ СЕЙСМІЧНИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ МІННОГО ОЗБРОЄННЯ

Наведено результати досліджень акустично-го чутливого елементу міни ПОМ-3, особливістю конструкції якої є наявність сейсмічного датчика цілі і електронного блоку міни. Встановлено, що акустичний чутливий елемент відноситься до векторного приймача силового типу. Конструкція його складається із двох вертикально розміщених прямокутних пластин, виконаних із п'єзокераміки, на верхніх і нижніх ребрах яких розміщені певні маси. Наведено відомості щодо досвіду побудови векторних приймачів на українському підприємстві. Запропоновано технічні шляхи побудови акустичного пристрою знешкодження міни ПОМ-3. Проведено аналіз можливостей створення вітчизняних зразків мін із сейсмічними датчиками.

Ключові слова: акустичний чутливий елемент, частотна характеристика чутливого елементу, діаграма направленості чутливого елементу.

ВСТУП

Україна ратифікувала «Конвенцію про заборону застосування, накопичення запасів, виробництва і передачі протипіхотних мін та про їхнє знищення» (Оттавська конвенція) [1]. В той же час Конвенцію із заборони протипіхотних мін не підписали три постійних члени Ради Безпеки ООН – Китай, Росія і США, а також Індія, Ізраїль, Північна та Південна Корея. На час підписання угоди Україна мала п'ятий за розмірами найбільший арсенал протипіхотних мін у світі (після Китаю, російської федерації, США та Пакистану), що дістався їй у спадок від Радянського Союзу та налічував 6 млн протипіхотних мін. Останню міну такого типу Україна знищила у 2003 році [2]. Прискорене знищення мінних арсеналів, очевидно, позбавило Україну обороноздатності. Змушені констатувати, що жоден «антивоєнний» договір та жодні гарантії іноземних держав, наявність Оттавської конвенції, яку виконує Україна, не зупинила розв'язання проти неї повномасштабної агресії зі сторони росії.

Україна має 2295 км спільного кордону з російською федерацією і не одну сотню кілометрів фронту на Донбасі та півдні України. Масове застосування мін всіх типів українською стороною дозволило би значно обмежити наступальні дії армії РФ та незаконних збройних формувань. Не кажучи вже про пряме завдання втрат у живій силі та техніці. Саме тому на сайті Президента України 03 червня 2022 року з'явилася петиція з пропозицією вийти з Оттавської конвенції [3]:

«... Великі гуманістичні та пацифістські потуги України, як виявилось, призвели до наших великих втрат та кровавої війни лише на нашій території. Роззброєння України згідно з Будапештським меморандумом, приєднання до Оттавської конвенції, розмінування лінії фронту згідно з вимогами Нормандських зустрічей – все це було помилкою України. Оскільки Україна є одвічною жертвою поряд з екзистенційним ворогом та вічним агресором, ми не можемо дозволити більше собі такої легковажності. Неможливо бути гуманістом та пацифістом поряд із вбивцею і державою-терористом. Росія не є членом Оттавської конвенції та застосовує протипіхотні міни без жодного покарання та докору сумління. Тому українська участь у цій конвенції є знеціненням українських життів і послабленням українських можливостей в обороні. У подібній з українською ситуацією десятки років живуть такі країни як Ізраїль та Південна Корея. І ці країни не долучились до Оттавської конвенції, оскільки ставлять пріоритет своїй самообороні. Південна Корея замінувала 4 кілометри кордону з Північною. Ізраїль також живе десятки років в оточенні агресивних ворогів і застосовує протипіхотні міни.

За їх прикладом, для України пропонується:

1) Подати на розгляд Верховної Ради, як невідкладний, законопроект з пропозицією вийти з «Конвенції про заборону застосування, накопичення запасів, виробництва і передачі протипіхотних мін та про їхнє знищення» (Оттавська конвенція).

2) У випадку підтримки Верховною Радою такого рішення, закупити у виробників (наприклад, США) протипіхотні міни.

3) Замінювати весь держкордон на боці країни-агресора, таким чином, щоб таке мінування не загрожувало українським військовослужбовцям та прикордонникам, але здійснювало оборонну функцію проти супротивника...».

В той час, коли вирішується доля української державності, Україні також має бути не до дотримання міжнародних угод, які обмежують природне право кожної держави і нації на оборону[2]. Міни – ефективний інструмент оборони, і тому має застосовуватись ЗСУ в обороні нашої держави. Очевидним є необхідність освоєння виробництва певної номенклатури мін на підприємствах оборонно-промислового комплексу України.

Сучасний стан розвитку в світі передової техніки різного призначення, в тому числі і військової, характеризується рядом тенденцій. Однією із них є повторення у вітчизняному виробництві кращих зразків сучасної техніки, необхідної державі. Практична реалізація цієї тенденції, особливо в умовах війни, дозволяє:

- в короткі терміни не тільки створити, а й організувати виробництво і поставку критично важливої техніки;
- зменшити залежність від закордонних поставок;
- зменшити фінансові витрати на придбання необхідних зразків.

Досвід виконання подібних робіт свідчить про те, що для успішної реалізації поставлених завдань необхідною умовою є наявність певних організаційних чинників. До цих чинників відносяться:

- наявність в державі усталених науково-технічних та виробничих колективів фахівців;
- наявність науково-технічного набутку та досвіду по заданому напрямку;
- наявність необхідних матеріалів та комплектуючих.

У війні з Україною росія активно використовує міни ПОМ-3 («Медальон») – новітня міна рф, яка нещодавно прийнята на озброєння [4–6]. Для підвищення бойової ефективності міна оснащується викидною бойовою частиною з вражаючими елементами. За командою електронного блоку спрацює капсуль запалювач, який запалює вишибний заряд, після чого під тиском порохових газів бойова частина міни «вистрибує» на висоту близько 1–1,5 м над поверхнею землі. На цій висоті проводиться підриг основного заряду, вибухом заряду осколки, укладені в корпусі, розлітаються в сторони та уражають противника. Особливістю конструкції міни ПОМ-3 є наявність сейсмічного датчика цілі і електронного блоку міни. Ці пристрої роблять її знешкодження неможливим. Будь-яка несанкціонована спроба наблизитися до міни приведе до спрацювання міни. Спроба проведення розмінування за допомогою саперної кішки так само закінчиться підригом. Таким чином, виявлену міну ПОМ-3 можна знищити різними способами (хоча і не без ризику для саперів), але всі спроби її знешкодити неможливі. По закінченню встановленого терміну сповільнення міна самоліквідується.

Метою статті є дослідження можливостей дистанційної ліквідації міни ПОМ-3 із сейсмічними датчиками та створення аналогічних сейсмічних датчиків для спорядження протипіхотних мін при їх виробництві на українських підприємствах.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Чутливий елемент міни ПОМ-3

Міна ПОМ-3 – протипіхотна осколкова, вистрибуюча, кругового ураження, з напівготовими вражаючими елементами, керованої дії призначена для ураження особового складу противника. Принцип дії – акустичний. Чутливий елемент реагує на механічні коливання ґрунту, на якому встановлена міна. Ці коливання збуджуються кроками людини, її пересуванням повзком та пересуванням на лижах.

Чутливий елемент являє собою електроакустичний перетворювач векторного типу. Збуджується під дією коливальної швидкості зовнішнього акустичного поля, яка на відміну від перетворювача, який збуджується акустичним тиском, є векторною (направленою) величиною. Іноді такий перетворювач називають сейсмічним датчиком, оскільки він реагує на інфразвукові і низькочастотні звукові коливання.

Технічна реалізація векторних приймачів може здійснюватися у двох варіантах:

- а) у вигляді електродинамічного перетворювача;
- б) у вигляді п'єзокерамічного перетворювача.

Але в обох випадках для створення ненаправленого прийому звукових сигналів з ґрунту в горизонтальній площині чутливі елементи необхідно розмістити у вигляді хреста (рис. 1), що з точки зору збільшення дальності дії є найбільш доцільним.

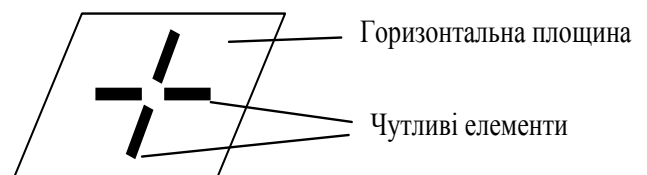


Рис. 1. Схема розміщення чутливих елементів

Можливим є розміщення чутливих елементів вертикально (рис. 2), що зменшує дальність, але спрощує конструкцію.



Рис. 2. Загальний вигляд конструкції

Електродинамічний чутливий елемент (рис. 3) включає: магнітопровід 1, котушку з проводом 2, мембрану 3 (або без неї), стрижень 4, який заглиблюється в ґрунт. Стрижень 4 вловлює механічні коливання часток ґрунту, змушує зміщуватись котушку 2 в зазорі магнітопроводу 1, завдяки чому на кінцях проводу котушки 2 з'являється напруга U .

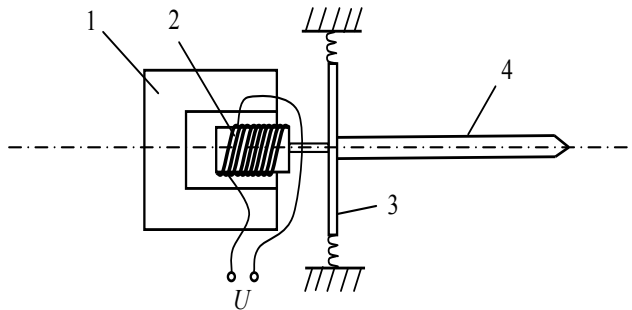


Рис. 3. Схема електродинамічного чутливого елемента

Діаграма направленості цього чутливого елемента при вертикальному розміщенні має вигляд, представлений на рис. 4а, при горизонтальному розміщенні – рис. 4б [7–9].

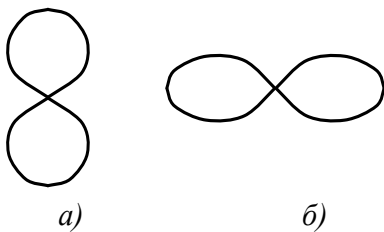


Рис. 4. Діаграма направленості чутливого елемента

Частотна характеристика датчика наведена на рис. 5 [7–9]. Після низькочастотного (5–10 Гц) резонансного сплеску характеристика має рівну ділянку до сотні кГц.

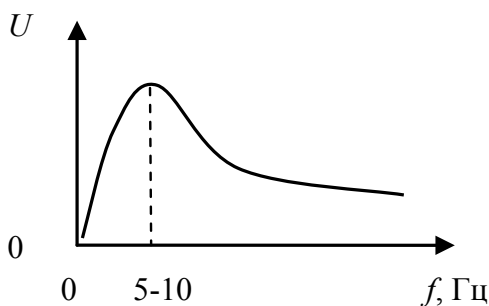


Рис. 5. Частотна характеристика чутливого елемента

П'єзокерамічний перетворювач (рис. 6) включає дві п'єзокерамічні пластини 1, на верхніх та нижніх торцях яких закріплені певні маси 2. Пластини 1 збуджуються коливаннями штиря 3, який заглиблюється в ґрунт.

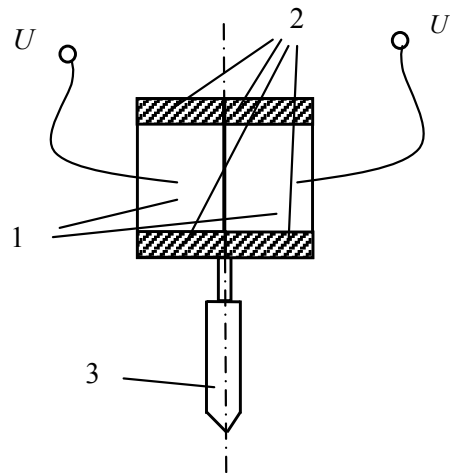


Рис. 6. Схема п'єзокерамічного перетворювача

Кожна з пластин 1 з масою 2 представляє собою резонансну низькочастотну конструкцію. Її частотна характеристика має вигляд, представлений на рис. 7 [7–9]. В залежності від розмірів п'єзокерамічних пластин резонансна частота f_p може набувати різних значень.

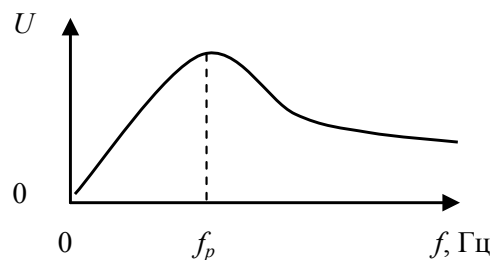


Рис. 7. Частотна характеристика пластини з масою на краях пластини

Діаграма направленості пластин в вертикальній площині – тіло обертання вісімки навколо вертикальної осі (рис. 8) [7–9].

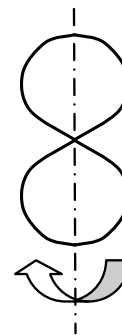


Рис. 8. Діаграма направленості пластин в вертикальній площині

Пластини 1, завдяки закріпленню масами 2, під дією механічних зміщень штиря із-за коливань ґрунту, збуджуються як закріплені двома кінцями балка. Виникаючи при цьому деформації п'єзокераміки перетворюються в електричний сигнал U , який подається далі на обробку електронним блоком міні.

Принципова різниця між обома датчиками полягає в різниці фізичних принципів перетворення механічних коливань в електричні.

За класифікацією, прийнятою в Україні, чутливий елемент ПОМ-3 відноситься до векторного приймача силового типу. Конструкція його складається із двох вертикально розміщених прямокутних пластин, виконаних із п'єзокераміки, на верхніх і нижніх ребрах яких розміщені певні маси. Пластины розміщені під кутом 90° . Це дозволяє максимально використати внутрішній об'єм чутливого елемента і тим самим збільшити його чутливість до коливальної швидкості. Механічні збудження пластин здійснюються штирем, заглибленим в ґрунт. Цей штир сприймає поздовжні коливання, які поширюються в ґрунті при русі людини і передає вертикальну складову цих коливань на п'єзокерамічні пластины. Для цього п'єзокерамічні пластины жорстко з'єднані зі штирем. Розподіл амплітуд механічних зміщень $f(x)$ по довжині пластин наведено на рис. 9.

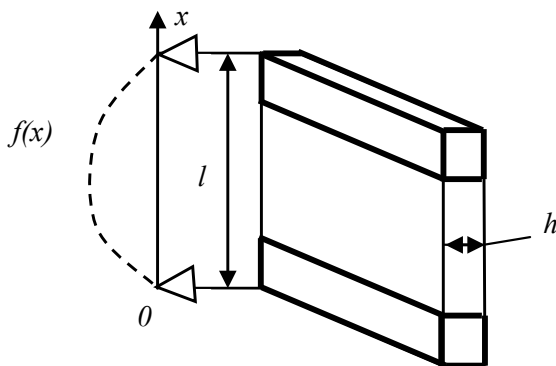


Рис. 9. Розподіл амплітуд механічних зміщень чутливого елемента по довжині п'єзокерамічної пластини

В першому наближенні найнижча згинна резонансна частота конструкції чутливого елемента, наведеної на рис. 10, визначається виразом [7]:

$$f_p = 0,48 \cdot \frac{h}{l^2},$$

де c – швидкість звуку в п'єзокераміці, h і l відповідно товщина і довжина пластини.

Для наближеного розрахунку резонансної частоти чутливого елемента приймемо: $c=2900$ м/с; п'єзокераміка – ЦТСНВ-1; $h=0,002$ м; $l=0,02$ м. Тоді отримаємо:

$$f_p = 0,48 \cdot 2900 \cdot \frac{0,002}{0,02^2} \cong 7 \text{ (Гц)}.$$

Ця величина близька до реальної по наступним причинам. При розробці акустичних чутливих датчиків приймачів коливальної швидкості використовуються електродинамічні перетворювачі (так звані сейсмодатчики, запозичені із геологорозвідки) і п'єзокерамічні датчики. Для того, щоб вони були взаємозамінні в конструкції приладу, їх резонансні частоти повинні або співпадати, або бути близькими. Таким чином, можна зробити висновок, що і п'єзокерамічний і електродина-

мічний датчики міни ПОМ-3 мають однакову резонансну частоту, що дозволяє уніфікувати електронну частину міни відносно датчиків.

Вітчизняний досвід використання акустичних чутливих елементів

Звукове поле частіше всього характеризується двома фізичними величинами – звуковим тиском і коливальною швидкістю (градієнтом звукового тиску). Звуковий тиск є скалярною величиною і застосовується при побудові локаційних систем в режимі випромінювання сигналу. Коливальна швидкість – векторна величина і використовується при побудові систем в режимі прийому звукових сигналів.

В ДП «КНДІ гідроприладів» дослідження шляхів побудови векторних приймачів проводилось з-за необхідності переходу в область низьких частот при пошуку підводних об'єктів в умовах розміщення цих приймачів в транспортних відсіках з обмеженими розмірами. До таких відносяться приймачі в радіогідроакустичних буюх та позиційних гідроакустичних станціях різного призначення.

Слід зауважити, що векторні приймачі відносяться до класу так званих наднаправлених антен [10–12], які знайшли широке застосування в космічному радіозондуванні і характеризуються надзвичайною чутливістю при технічній реалізації до амплітудно-фазових похибок введення необхідних розподілів між елементами антен та власними завадами. В результаті досліджень був знайдений компромісний варіант побудови в акустиці таких наднаправлених антен, який був названий помірно направленими антенами. Він дозволив отримати направлені властивості антен при малих (до $0,25\lambda$) хвильових розмірах, де λ – довжина робочої хвилі, і сучасних можливостях фактичної реалізації амплітудно-фазових розподілів збудження в антенах. Для цього було знайдено два принципово різних підходи до побудови векторних приймачів.

Перший підхід (рис. 10а) використовує співколивальний рух приймача із оточуючим звуковим середовищем (приймач інерційного типу) [13]. На рис.: 1 – корпус, 2 – перетворювачі векторних величин, 3 – звукові перетворювачі, 4 – пружні розтяжні кріплення.

Другий підхід (рис. 10б), оснований на переміщенні елементів (приймач силового типу) оснований на переміщенні елементів приймача під дією на них рухомих часток звукового середовища.

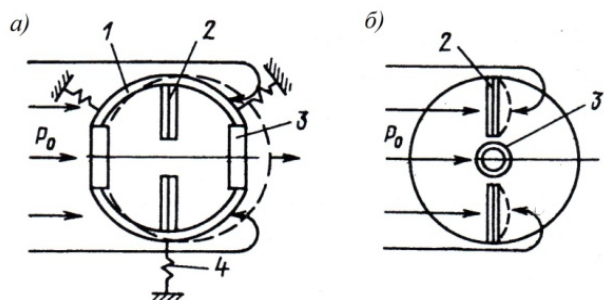


Рис. 10. Приймачі інтегрованого (а) та силового (б) типу

На рис. 11 представлена конструкційна схема побудови (а) і конструкція (б) промислового зразка співколивального типу з електродинамічними перетворювачами для авіаційного радіогідроакустичного буя [13].

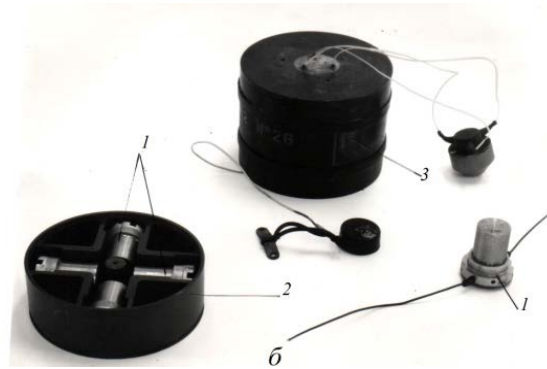
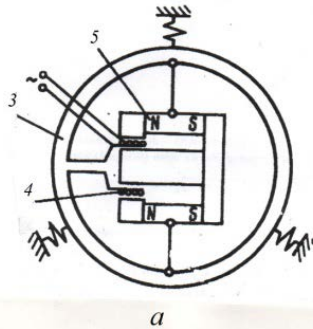


Рис. 11. Схема векторного зразка співколивального типу

На рис. 12 представлена конструкція промислового зразка векторного приймача співколивального типу для позиційної автономної радіогідроакустичної станції [13]. На рис.: 1 – циліндричний корпус, 2 – шток,

3 – біморфний елемент, 4 – інерційний елемент, 5 – електроізоляційна рідина, 6 – кришка, 7 – сферична оболонка, 8 – розтяжки, 9 – несучий каркас

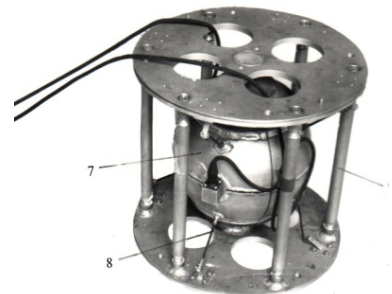
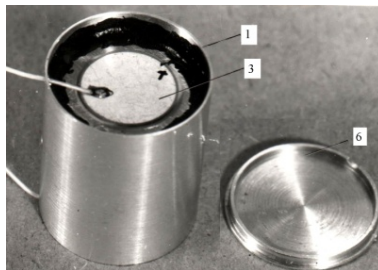
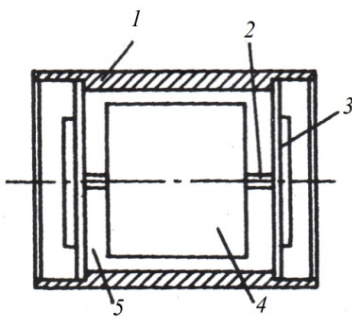


Рис. 12. Конструкційна схема побудови (а) та конструкція (б) зразка п'єзоелектричного перетворювача; конструкція векторного приймача із трьох пар п'єзокерамічних перетворювачів (в)

Характерною особливістю векторних приймачів, які працюють при наявності нерухомих елементів, є те, що сили зі сторони акустичного поля безпосередньо діють на перетворювачі антени. Найбільш широко застосування знайшли конструкції приймачів, що реєструють

дві або три складові векторної величини. Багатоканальні векторні приймачі найкомпактніше виконуються на основі пластинчатих перетворювачів градієнта тиску дифракційного типу, які працюють на коливаннях згину (рис. 13) [13].

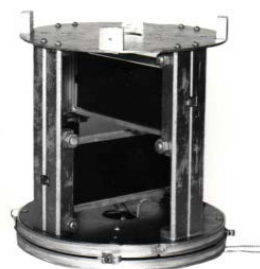


Рис. 13. Зразки конструкцій векторних приймачів силового типу

Таким чином, в Україні існує багатий досвід побудови та застосування векторних приймачів для роботи в рідинних середовищах, зокрема для задач військової гідроакустики.

Технічні шляхи побудови акустичного пристрою знешкодження міни POM-3

На сьогодні єдиним шляхом знешкодження акустичної міни POM-3 («Медальйон») є її дистанційний підлив за допомогою бойових засобів.

Розглянемо можливість спрацювання міни шляхом передачі через ґрунт акустичного сигналу, який входить до бази порівнювальних сигналів, що закладені в її пам'ять. Основна проблема полягає у визначенні характеристик цих сигналів – частотного діапазону, діапазонів зміни рівня амплітуд сигналів, шпаруватості імпульсів сигналів.

Із аналізу фізичних умов дії міни POM-3 та відкритих джерел інформації [4–6] можливо прийняти наступне.

1. Акустичні сигнали, які сприймає міна, є дискретними.
2. Акустичні сигнали, які сприймає міна, є низькочастотними.

3. Діапазон змін амплітуд і повторюваності цих сигналів повинен бути достатньо широким.

В цьому випадку електричні сигнали збудження пристрою для знешкодження міни POM-3 повинні мати такі якісні характеристики.

1. Сигнали повинні бути імпульсними з певною модуляцією огинаючої. Тривалість імпульсу 100–150 мс.

2. Шпаруватість імпульсів повинна відповідати повторенню кроків людини. Час між імпульсами від 0,3 с до 1 с (помірна хода).

3. Частотне заповнення імпульсів. ґрунт здійснює фільтрацію випромінюваного імпульсу:

- по частоті: основна енергетична складова припадає на 40–60 Гц;

- по амплітуді: максимальну дальність очікувано мають низькочастотні сигнали. Амплітудою сигналу в місці розміщення міни можна керувати, змінюючи відстань між міною і джерелом збудження ґрунту, а також електричною напругою збудження.

Наведені вище особливості побудови міни POM-3 дозволяють сформулювати технічні вимоги до акустичних пристроїв її ліквідації. Ці пристрої повинні мати дві зв'язані частини – електроакустичну і електронну. Із існуючих конструкцій електроакустичних частин електроакустичних перетворювачів для реалізації поставленої мети найбільше підходять стрижневі перетворювачі (рис. 13) за такими причинами.

1. Цей тип перетворювача найбільш відповідає умовам передачі акустичної енергії при русі людини. По-перше, випромінююча поверхня є пласкою, що відповідає фізичним умовам передачі збудження ґрунту при русі людини. По-друге, максимальна передача механічного збудження ґрунту може здійснюватися в вертикальній площині.



Рис. 14. Стрижневий перетворювач

2. Електричне збудження перетворювача може здійснюватися імпульсами з різним частотним заповненням та різною шпаруватістю.

3. В ДП «КНДІ гідроприладів» існує багато готових конструкцій стрижневих перетворювачів на різні резонансні частоти, різну потужність випромінювання, різні маси і габарити.

Електронна частина

Електронна частина представляє собою звичайний електронний генератор, який повинен формувати електричні імпульси із заданими: формами, частотним заповненням, амплітудою, довжиною, шпаруватістю.

1. Спектр електричного сигналу визначається:

- основною або несучою частотою;
- формою імпульсу;
- тривалістю імпульсу;
- частотою повторення імпульсу;
- формами переднього і заднього фронтів імпульсу;
- модуляцією імпульсу.

2. Якщо модуляція здійснюється прямокутним сигналом, то електричний сигнал являє собою синусоїду на резонансній частоті збуджуваного перетворювача.

Якщо модуляція здійснюється синусоїдальним сигналом, то збуджуючий спектр має три різні частоти:

$$f_c, f_c + f_1, f_c - f_1,$$

де f_c і f_1 – несуча частота і частота модуляцій відповідно.

Якщо модуляція здійснюється спектром частот $f_1 + f_2 + f_3 + \dots$, то модульований сигнал складається із спектрів верхніх бокових частот $f_c + f_1, f_c + f_2, f_c + f_3$ і т.д. та із спектрів нижніх бокових частот $f_c - f_1, f_c - f_2, f_c - f_3$ і т.д.

Таким чином, в залежності від виду модуляції електричного імпульсу спектр випромінюваного в ґрунт сигналу може охоплювати діапазон частот, які входить до робочого діапазону POM-3.

3. Період повторення випромінюваних імпульсів повинен відповідати часовому терміну кроків при ходьбі людини і становить 0,3–1 с.

Для перевірки наведених теоретичних результатів необхідно провести акустичний експеримент.

На сьогодні акустична частина для його виконання – стрижневі перетворювачі з різними резонансними частотами є в наявності в ДП «КНДІ гідроприладів». Електронну частину теж представляється можливим зібрати в ДП «КНДІ гідроприладів». Після збірки і випробування тракту випромінювання можливо перейти до польових випробувань.

ВИСНОВКИ

1. В Україні існують науково-технічні колективи, які спроможні створити зразки сейсмічних датчиків для мінної зброї. Найбільш проста ситуація має місце по чутливому акустичному датчику, більш складна – по програмному забезпеченню.

2. Для створення вітчизняного зразка мінної зброї доцільно провести науково-дослідну та дослідну конструкторську роботи із залученням підприємств оборонно-промислового комплексу України, які мають відповідний науково-технічний потенціал.

3. У разі неможливості організації виробництва складових частин і матеріалів в Україні доцільно здійснити пошук і організувати залучення відповідних підприємств промисловості країн-партнерів.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Конвенція про заборону застосування, накопичення запасів, виробництва і передачі протипіхотних мін та про їхнє знищення. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_379#Text.
2. Курт Оберст. Мінна зброя на сході України: призначення та її класифікація. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://acmc.ua/minna-zbroya-na-shodi-ukrayini/>.
3. Вихід з Оттавської конвенції, закупівля протипіхотних мін та мінування держкордону з країною-агресором. Петиція. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://petition.president.gov.ua/petition/144480>.
4. Ворог застосовує заборонені міни ПОМ-3 «Медальйон». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://armyinform.com.ua/2022/03/30/vorog-zastosovuye-zaboroneni-miny-pom-3-medalion/>.
5. В россии создана «умная» мина с шуриками. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rg.ru/2017/05/24/reg-cfo/v-rossii-sozdana-umnaia-mina-s-shurikenami.html>.
6. ПОМ-3 «Медальйон» – російська протипіхотна мина. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%9E%D0%9C-3>.
7. Грінченко В.Т., Вовк І.В., Маципура В.Т. Основы акустики. Київ: Наукова думка. 2007. 640 с.
8. Grinchenko, V.T., Vovk, I.V. & Matsypura, V.T. Acoustic Wave Problems. Begell House. 2018. 439 p.
9. Дерепя А.В., Лейко А.Г., Меленко Ю.Я. Комплексная система «гидроакустическое вооружение – надводный корабль». Проблемные аспекты системы «гидроакустическая станция – надводный корабль» с антеннами, размещенными в корпусе корабля: монография. Киев: Издательский дом Д. Бурого. 2014. 426 с.

10. Лейко Н.С. Метод синтеза малогабаритных умеренно реактивных антенн с диаграммой направленности специальной формы. Доклады всесоюзной акустической конф. М.: Наука. 1977. С. 85–88.
11. Шифрин Я.С. Вопросы статической теории антенн. М.: Советское радио. 1970. 383 с.
12. Бахрах Л.Д., Кременецкий С.Д. Синтез излучающих систем. М.: Советское радио. 1974. 232 с.
13. Дідковський В.С., Порошин С.М., Лейко О.Г., Лейко А.О., Дрозденко О.І. Конструювання акустичних приладів і систем для мультимедійних акустичних технологій. Київ: НТУУ «КПІ». 2013. 390 с.

REFERENCES

1. “Konventsiiia pro zaboronu zastosuvannia, nakopychennia zapasiv, vyrobnytstva i peredachi protypikhotnykh min ta pro yikhnie znyschennia” [Convention on the prohibition of the use, stockpiling, production and transfer of anti-personnel mines and on their destruction]. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_379#Text.
2. Kurt Oberst. “Minna zbroia na skhodi Ukrainy: pryznachennia ta yii klasyfikatsiia” [Mine weapons in the east of Ukraine: purpose and classification]. Available at: <https://acmc.ua/minna-zbroia-na-shodi-ukrayini>.
3. “Vykhid z Ottavskoi konventsii, zakupivlia protypikhotnykh min ta minuvannia derzhkordonu z krainoiu-agresorom. Petytsiia” [Withdrawal from the Ottawa Convention, purchase of anti-personnel mines and mining of the state border with the aggressor country. Petition]. Available at: <https://petition.president.gov.ua/petition/144480>.
4. “Vorog zastosovuiе zaboroneni miny POM-3 «Medalion»” [The enemy uses prohibited POM-3 «Medallion» mines]. Available at: <https://armyinform.com.ua/2022/03/30/vorog-zastosovuye-zaboroneni-miny-pom-3-medalion/>.
5. “V rossii sozdana «umnaia» mina s shurikenami” [Russia has created a «smart» mine with shurikens]. Available at: <https://rg.ru/2017/05/24/reg-cfo/v-rossii-sozdana-umnaia-mina-s-shurikenami.html>.
6. “POM-3 «Medalion» – rosiiska protypikhotna mina” [POM-3 «Medallion» is a russian anti-personnel mine]. Available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%9E%D0%9C-3>.
7. Hrinchenko, V.T., Vovk, I.B. & Machypura, V.T. (2007). “Osnovy akustyky” [Basics of acoustics], Naukova dumka, K. 640 p.
8. Grinchenko, V.T., Vovk, I.V. & Matsypura, V.T. (2018). Acoustic Wave Problems. Begell House. 439 p.
9. Derepa, A.V., Leiko, A.G. & Melenko, Yu. Ya. (2014), “Kompleksnaia sistema «gidroakusticheskoe vooruzhenie – nadvodnyi korabl». Problemnye aspekty sistemy «gidroakusticheskaia stantsiia – nadvodnyi korabl» s antennami, razmeshchennymi v korpuse korablia” [Integrated system «hydroacoustic weapons – surface ship». Problematic aspects of the «hydroacoustic station – surface ship» system with antennas located in the ship’s hull: monograph], IDD Burago. K. 426 p.

10. Leiko, N.S. (1977). "Metod sinteza malohabarytnykh umerenno reaktivnykh antenn s diagrammoi napravlenosti spetsialnoi formy" [Method for the synthesis of small-sized moderately reactive antennas with a radiation pattern of a special shape]. Doklady vsesoiuznoi akusticheskoi konf. M.: Nauka. Pp. 85—88.
11. Shyfryn, Ya.S. (1970). "Voprosy statycheskoi teorii antenn" [Questions of the static theory of antennas], Sovetskoe radio, M. 383 p.
12. Bahrah, L.D. & Kremenetskyi, S.D. (1974). "Syntez yzluchaiushchykh system" [Synthesis of radiating systems], Sovetskoe radio, M. 232 p.
13. Didkovskiy, V.S., Poroshyn, S.M., Leiko, O.H., Leiko, A.O. & Drozdenko, O.I. (2013). "Konstruiuvannia akustychnykh pryladiv i system dlia multymediinykh akustychnykh tekhnolohii" [Design of acoustic devices and systems for multimedia acoustic technologies], NTUU «KPI», K. 390 p.

**Derepa A., Leiko O., Oliinyk K.,
Telepa M.**

ON THE DEVELOPMENT OF SAMPLES OF SEISMIC SENSORS FOR MINING WEAPONS

In the war with Ukraine, Russia is actively using POM-3 (Medallion) mines, which have recently been adopted. To increase combat effectiveness, the mine is equipped with an ejection warhead. At the command of the electronic unit, an emission charge is detonated, after which the warhead of the mine «jumps» to a height of about 1–1.5 m above the ground. At this height, the main charge is detonated, which is responsible for scattering debris and damage to enemy work force. A feature of the POM-3 mine design is the presence of a seismic target sensor and an electronic mine unit. These devices make it impossible to neutralize. At the end of the established period of operation, the mine is self-destructed. The results of research of the acoustic sensitive element of the POM-3 mine are presented, the design feature of which is the presence of a seismic target sensor and an electronic mine unit. It is established that the acoustic sensitive element belongs to the vector receiver of the power type. Its construction consists of two vertically placed rectangular plates made of piezoceramics, on the upper and lower edges of which certain masses are placed. The directional diagram and frequency response of the acoustic sensing element are given. It is concluded that both piezoceramic and electrodynamic sensors of the POM-3 mine have the same resonant frequency, which allows unifying the electronic part of the mine relative to the sensors. Information on the experience of building vector receivers at a Ukrainian company is presented. Samples of fundamentally different vector receivers – inertial and power type are given. Technical ways of construction of the acoustic device of neutralization of the POM-3 mine are offered. The analysis of possibilities of creation of domestic seismic sensors for mine armament is carried out.

Keywords: acoustic sensitive element, frequency response of the sensitive element, the pattern of the sensitive element.

Відомості про авторів:

Дерепа Анатолій Войткович

доктор технічних наук
професор
провідний науковий співробітник Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7334-2237>

Лейко Олександр Григорович

доктор технічних наук
професор
професор кафедри акустики та акустоелектроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5588-6449>

Олійник Костянтин Анатолійович

начальник науково-дослідного відділу розвитку морських озброєнь Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8007-6686>

Телепа Максим Вікторович

старший науковий співробітник науково-дослідного відділу розвитку засобів інженерного озброєння та РХБЗ Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3773-6857>

Information about the authors:

Anatolii Derepa

Doctor of Technical Sciences
Professor
Leading researcher of the Scientific Research Department Navy Armament of the Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine.
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7334-2237>

Oleksandr Leiko

Doctor of Technical Sciences
Professor
Professor of the Chair of Acoustics and Acoustoelectronics of the National technical university of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute»
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5588-6449>

Konstantyn Oliinyk

Head of the research department for the development of naval weapons researcher of the Central Scientific Research Institute of Weapons and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8007-6686>

Maksym Telepa

Senior research associate research department developed of engineering weapons and RCB protection of Central Scientific Research Institute of Weapons and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3573-6857>