

**В. В. Любич, М. Г. Домненко**

## **ВИКОРИСТАННЯ АКУСТИЧНИХ СЕНСОРІВ ПРИ ВЛАШТУВАННІ МІННИХ ЗАГОРОДЖЕНЬ ПРИ ІНЖЕНЕРНОМУ ОБЛАШТУВАННІ ПОЗИЦІЙ**

***Анотація:** акустичні сенсори активації мінних загороджень – це системи, які використовують звукові хвилі для виявлення та активації мінних загороджень. Вони можуть бути використані для захисту інженерних споруд, опорних пунктів та підходів до них від атак противника або для охорони військових об'єктів.*

***Ключові слова:** мінне загородження, акустичний сенсор.*

***Annotation:** Mineblock activation acoustic sensors are systems that use sound waves to detect and activate mineblocks. They can be used to protect engineering structures and strongholds and approaches to them from enemy attacks or to protect military facilities.*

***Keywords:** Mine barrier, acoustic sensor.*

У сучасних бойових умовах інженерне забезпечення та облаштування позицій відіграють вирішальну роль у забезпеченні обороноздатності військ. Мінні загородження є одним з ефективних засобів протипіхотного та протитанкового захисту, а їх активізація може бути значно покращена за допомогою акустичних сенсорів.

Зміна умов збройної боротьби, удосконалення форм та способів ведення бойових дій, поява та широке застосування високоточної зброї, прийняття на озброєння новітніх засобів вогневого ураження, комплексів розвідки, автоматизованих систем управління військами та зброєю зумовлюють необхідність своєчасного інженерного обладнання та маскування бойових порядків військ.

Акустичні сенсори для активації мінних загороджень – це пристрої, які використовуються для виявлення звукових сигналів або шумів, що вказують на наближення об'єктів, наприклад, піхоти або техніки. Такі сенсори можуть бути частиною системи охорони або оборони; вони активують мінні загородження в момент, коли запущений певний звуковий алгоритм або з'являється аудіосигнал, що перевищує заздалегідь визначений поріг.

Принцип роботи акустичних сенсорів полягає у виявленні зміни у звуковому полі, реагуючи на звуки, характерні для руху піхоти, транспортних засобів або інших об'єктів. Коли звук перевищує певний поріг, сенсор може активувати систему мінних загороджень.

Акустичні сенсори для активації мінних загороджень використовують звукові хвилі для виявлення руху або звуків, які можуть свідчити про наближення ворога. Принцип роботи сенсорів виконується за такими алгоритмами:

– *виявлення звуку:* сенсори оснащені мікрофонами, які чутливі до звукових коливань. Вони можуть виявляти звуки, які виникають під час руху, наприклад, кроки, шум транспорту або інші звуки, що вказують на присутність людини чи техніки;

– *обробка сигналу:* після виявлення звуку сенсор обробляє сигнал, фільтруючи фонові шуми та визначаючи, чи є звук, що свідчить про загрозу, а далі може містити використання алгоритмів обробки сигналів для розпізнавання певних звукових патернів;

– *активація:* якщо сенсор виявляє загрозливий звук, він активує мінні загородження, що може бути реалізовано через електронний механізм, який запускає детонатор, або інший пристрій, що активує міни;

– *захист від хибних спрацьовувань:* акустичні сенсори можуть бути налаштовані для уникнення хибних спрацьовувань від незначних за потужністю звуків, як-от вітер або звуки тварин, що забезпечує більш точне виявлення загроз.

Принцип роботи акустичних сенсорів полягає в такому: сенсори вловлюють звукові хвилі, що виникають внаслідок руху об'єктів (людей, техніки) в зоні їх дії. Це можуть бути звуки кроків, шум автомобілів, розмови тощо. При цьому акустичні сенсори можуть бути налаштовані на різні частотні діапазони, що дозволяє їм фокусуватися на певних звукових сигналах. Вони можуть бути чутливими до низьких частот (наприклад, звуки від важкої техніки) або високих частот (наприклад, людські голоси).

Після виявлення звуку сенсор обробляє сигнал за допомогою вбудованих алгоритмів. Це може містити:

- *фільтрацію*: видалення фонових шумів, як-от вітер або звуки тварин;
- *аналіз патернів*: визначення специфічних звукових патернів, які свідчать про загрозу;
- *визначення загрози*: сенсор, використовуючи алгоритми машинного навчання або прості порогові методи, оцінює, чи є звук загрозливим. Якщо, наприклад, виявляються звуки, що відповідають людським крокам, система може вважати це сигналом загрози.

Активація мінних загороджень відбувається під час спрацювання таких систем:

- *тригерів*: якщо звук виявляється загрозливим, сенсор передає сигнал на активатор мінного загородження, який у свою чергу запускає електронний механізм, що активує детонатор;

- *системи безпеки*: акустичні сенсори часто інтегруються з іншими системами безпеки, як-от інфрачервоні сенсори – для виявлення тепла, вібраційні сенсори – для виявлення руху або тиску на поверхні ґрунту;

- *ініціація вибуху*: коли сенсори підтверджують, що ворожа техніка знаходиться на вказаній дистанції, вони формують сигнал (електронний або механічний) для підриву мін.

Переваги вищезазначеного методу:

- помірна вартість – вартість одного сенсора звуку становить приблизно 1 долар США;
- можливість виявлення загрози на великій відстані;
- автоматизація процесу активації загороджень, що знижує ризик втрат військових;
- можливість встановлення каскадів спрацювання окремих загороджень, які можуть реалізовувати різні конфігурації спрацювання (для знищення техніки, особового складу, сигналізації тощо)

Недоліки зазначеного методу:

- можливість хибних спрацювань через фонові шуми;
- залежність від погодних умов (вітер, дощ можуть вплинути на чутливість), проте сучасні сенсори можуть фільтрувати фонові шуми, фокусуючись на звуках, що вказують на загрозу.

Вибираючи місця встановлення акустичних сенсорів, слід враховувати:

**1. Стратегічні позиції:** сенсори повинні розташовуватися у таких місцях, щоб вони могли вловлювати звукові сигнали або коливання, пов'язані з підходом людей або техніки до мінних загороджень.

**2. Діапазон дії:** важливо врахувати радіус дії сенсорів. Вони повинні бути розташовані так, щоб максимізувати зону охоплення та зменшити сліпі зони.

**3. Обмеження видимості та укриття:** сенсори повинні бути розміщені так, щоб їх важко було виявити, щоб зменшити ризик нейтралізації з боку противника.

**4. Доступ до систем живлення та зв'язку:** розташування сенсорів має також враховувати можливість підключення до джерел живлення та систем зв'язку для передачі сигналів спостереження.

**5. Урахування умов навколишнього середовища:** місця встановлення повинні бути вибрані з урахуванням природних бар'єрів, як-от водянні перешкоди, пагорби і густі ліси, які можуть впливати на розповсюдження звукових хвиль у повітрі та на ґрунті.

Практичне застосування в бойових умовах – це оборона ключових об'єктів, де саме сенсори можуть бути використані для захисту військових баз, складів та інших важливих об'єктів. Їх встановлення у зоні бойових дій підвищує рівень ситуаційної обізнаності, дозволяючи військовим отримувати інформацію про ворожі дії в реальному часі. Крім того, акустичні сенсори можуть бути інтегровані з іншими системами виявлення (наприклад, тепловізорами чи відеокамерами) для підвищення своєчасності та точності виявлення.

Акустичні сенсори відіграють важливу роль у сучасній системі оборони, забезпечуючи своєчасне виявлення загроз та реакцію на них. Вони підвищують ефективність мінування, забезпечуючи контрольовану активацію та зменшуючи ризики для своїх військ. Завдяки своїй чутливості та можливості інтеграції з іншими системами, акустичні сенсори можуть суттєво підвищити ефективність оборони у бойових умовах. Розвиток технологій у цій сфері продовжує вдосконалювати їхнє функціонування та ефективність.

Список використаних джерел:

1. Тактична підготовка артилерійських підрозділів : підручник / П. Є. Трофименко та ін. Суми: Сумський державний університет, 2012. 776 с.
2. Бойовий статут Сухопутних військ. Ч. 2: Батальйон, рота. Київ: Варта, 2024. 370 с.
3. . Довідник з військово-інженерної підготовки для студентів / Мін-во оборони України. Харків: ФВП НТУ «ХП», 2008. 62 с.
4. Інженерне забезпечення частин та підрозділів у бою / Мін-во оборони України. Харків: ФВП НТУ «ХП», 2015. 335 с.

**Любич Володимир Володимирович** – провідний експерт будівельний у частині забезпечення безпеки життя і здоров'я людини, захисту навколишнього природного середовища та забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення ТОВ «Інженерно-будівельне бюро», м. Вінниця, e-mail: [mr.lyubich1988@gmail.com](mailto:mr.lyubich1988@gmail.com)

**Домненко Микола Григорович** – викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [mikoladomnenko568@gmail.com](mailto:mikoladomnenko568@gmail.com)

*LyubichVolodymyrVolodymyrovych* – is a leading expert in ensuring the safety of life of healthy people, protecting the excess natural environment and ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population of LLC “EngineeringBureau”, Vinnytsia, e-mail: [mr.lyubich1988@gmail.com](mailto:mr.lyubich1988@gmail.com)

**DomnenkoMikolaGrigorovich** – speaker of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [mikoladomnenko568@gmail.com](mailto:mikoladomnenko568@gmail.com)