

УДК 623.4.023.47:519.2

**ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЦІЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ
АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗВУКОМЕТРИЧНОГО КОМПЛЕКСУ
МЕТОДОМ ПРЯМОЇ КУТОВОЇ ЗАСІЧКИ**

Яровенко В.В.

email: vadym.yarovenko@nure.ua

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Стрельнікова О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

кафедра прикладної математики

м. Харків, Україна

This work is devoted to determining the coordinates of targets by an automated sound reconnaissance complex using the method of direct angular intersection. The principle of operation of the complex and the algorithm for determining directions to the sound source by the difference in the time of arrival of the sound wave at the sound receivers are described. The possibility of manual data processing in the event of a failure of the central processing unit equipment is considered. Based on the study of the algorithms of the complex's operation, a mathematical model has been developed for determining the coordinates of targets by known coordinates of the base stations and angles to the target. The proposed model can be used in abnormal conditions of the complex's operation, as well as for educational and research purposes.

Звукометрична розвідка є одним з видів артилерійської розвідки, яка ведеться з використанням автоматизованих звукометричних комплексів. Основним завданням цього виду розвідки є виявлення та визначення координат гармат та мінометів за звуком їх пострілів, а також обслуговування стрільби артилерії за звуком розривів снарядів (мін). Головною перевагою звукометричної розвідки над іншими видами розвідки є можливість прихованого ведення розвідки за будь-яких погодних умов у будь-який час доби і пори року. Принцип дії автоматизованого звукометричного комплексу полягає у визначенні напрямку на об'єкт з декількох базних пунктів методом різниці часу надходження звукової хвилі на звукоприймачі їх акустичних баз та подальшого визначення місцеположення об'єкта, який проявив себе звуком пострілу (розриву), за методом прямої кутової засічки.

Засічку цілей та визначення їх місцеположення комплекс здійснює у автоматизованому режимі. У той же час при виході з ладу апаратури вторинної обробки інформації (центрального пункту) обслуга комплексу повинна вручну здійснювати обробку розвідувальних матеріалів, які надходять з базних пунктів.

Швидкість обробки засічок у ручному режимі, порівняно з автоматизованим, помітно знижується. Досвід сучасних бойових дій свідчить, що при інтенсивному режимі роботи, коли за короткий проміжок часу базними

пунктами відбувається засічка декількох цілей, якісна обробка розвідувальних матеріалів обслугою комплексу значно ускладнюється. Тому виникає потреба у розробленні інструментів, які дозволять спростити та пришвидшити процес ручної обробки розвідувальних матеріалів обслугою комплексу.

З цією метою було досліджено алгоритми роботи автоматизованого звукометричного комплексу та на основі досліджень, з використанням електронних таблиць Excel, побудовано математичну модель визначення координат цілі центральним пунктом (рисунок 1).

Дані третього базного пункту		Дані першого базного пункту	
Х _{бп3}	25748	Х _{бп1}	22321
У _{бп3}	37040	У _{бп1}	40288

α _{ц3}	17,983	α _{ц1}	12,06
α _{ц3} (рад)	1,8831	α _{ц1} (рад)	1,263

Координати цілі	
Х _ц	23501
У _ц	43999

Рисунок 1 – Математична модель визначення координат цілі центральним пунктом

У математичній моделі визначення координат цілі центральним пунктом застосовано метод прямої кутової засічки, у якому використовуються відомі координати двох базних пунктів та кути на ціль, які надходять з базних пунктів після засічки та первинної обробки розвідувальної інформації по цілі.

Суть методу прямої кутової засічки полягає у наступному.

З рівняння напрямків на ціль (1), (2) отримуємо рівняння прямих (3), (4), які перетинаються у точці, координатами якої є місцеположення цілі, яка проявляє себе звуком пострілу (розриву):

$$tg\alpha_{ц1} = \frac{Y_{ц} - Y_{бп1}}{X_{ц} - X_{бп1}}, \quad (1)$$

$$tg\alpha_{ц3} = \frac{Y_{ц} - Y_{бп3}}{X_{ц} - X_{бп3}}, \quad (2)$$

$$Y_{ц} = Y_{бп1} + (X_{ц} - X_{бп1})tg\alpha_{ц1}, \quad (3)$$

$$Y_{ц} = Y_{бп3} + (X_{ц} - X_{бп3})tg\alpha_{ц3}. \quad (4)$$

Для знаходження координати $X_{ц}$ прирівнюємо рівняння прямих:

$$Y_{бп1} + (X_{ц} - X_{бп1})tg\alpha_{ц1} = Y_{бп3} + (X_{ц} - X_{бп3})tg\alpha_{ц3}.$$

Після перетворень:

$$X_{ц} = \frac{Y_{бп3} - Y_{бп1} + X_{бп1}tg\alpha_{ц1} - X_{бп3}tg\alpha_{ц3}}{tg\alpha_{ц1} - tg\alpha_{ц3}}. \quad (5)$$

Для знаходження координати $Y_{ц}$ підставляємо розраховане значення координати $X_{ц}$ у будь-яке з рівнянь (3) або (4).

Таким чином, визначення координат за методом прямої кутової засічки полягає у розв'язанні рівнянь (4) та (5).

У результаті досліджень розроблено математичну модель, яка може використовуватись при виникненні нештатних ситуацій або виході з ладу апаратури вторинної обробки інформації (центрального пункту) для проведення розрахунків в процесі обробки розвідувальних матеріалів обслуговою комплексу у ручному режимі. Окрім цього вона може застосовуватись у навчальних цілях для імітації засічки цілей автоматизованим звукометричним комплексом або під час проведення досліджень, спрямованих на вдосконалення автоматизованого звукометричного комплексу та покращення його характеристик.

Список використаних джерел:

1. Артилерійська звукова розвідка : підручник / О. Красюк, Р. Сергієнко, С. Соколовський та ін. Львів: НАСВ, 2020. 346 с.
2. Дмитрів О. П. Геодезія. Частина I : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2019. 166 с.
3. Тимчасове керівництво з бойової роботи підрозділів звукової розвідки ракетних військ і артилерії Збройних Сил України, ВКДП 3-(06,07,76)03.01, затверджена командувачем ракетних військ і артилерії Збройних Сил України – заступником командувача Сухопутних військ Збройних Сил України 04.07.2019.
4. Інструкція “Застосування автоматизованого звукометричного комплексу “АЗК-7”, СВП-7-(190)494, затверджена командувачем ракетних військ і артилерії Збройних Сил України – заступником командувача Сухопутних військ Збройних Сил України 28.08.2025.
5. Настанова “Артилерійська розвідка в бою”, СДДП 2-07(158)289.55, затверджена командувачем ракетних військ і артилерії Збройних Сил України – заступником командувача Сухопутних військ Збройних Сил України 30.12.2025.