Центральний науково-дослідний інститут
Збройних Сил України
Military Science. Vol. 1 No. 1. 2023

Підхід до оцінювання впливу радіоперешкод на засоби радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в операціях (бойових діях) військ (сил)

Артур Мовчан
кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інституту Збройних Сил України
03049, Повітрофлотський проспект, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: asepost2@gmail.com
ORCID:0009-0006-0559-4962

Людмила Бражнікова
старший науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інституту Збройних Сил України
03049, Повітрофлотський проспект, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: lyuda0162@gmail.com
ORCID:0009-0000-4396-8204

Олексій Богучарський
старший науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інституту Збройних Сил України
03049, Повітрофлотський проспект, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: wbm80@i.ua
ORCID:0009-0009-8870-5497

Анотація. У статті розглянуто один з підходів до врахування впливу радіоперешкод під час проведення радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в математичній моделі операції (бойових дій) військ (сил). Проведено оцінювання можливостей та визначено напрями практичної реалізації зазначених питань. Актуальність тематики обмовлена необхідністю удосконалення (розвитку) інструментальних засобів для проведення розрахунків (моделювання) операцій (бойових дій) з урахуванням впливу радіоперешкод на засоби радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки. Встановлено, що на сьогоднішній день урахування проведення засобами радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в умовах радіоперешкод під час моделювання операцій (бойових дій) займає важливе місце у практичній діяльності штабів усіх рівнів (стратегічного, оперативного і тактичного) під час розігрування варіантів (планів) на етапах підготовки та планування застосування Збройних Сил (Semenenko, Kirsanov, Mashkin, Pravdyvets, Petrozhalko, 2022). Аналіз показав відсутність єдиного підходу до математичного моделювання операцій (бойових дій) з урахуванням можливостей радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в умовах радіоперешкод у цілому. А питання оцінювання такого впливу на хід та результати операцій (бойових дій) військ (сил) не мають практичного змісту (внеску) на етапах розігрування варіантів (планів). Крім того, частина існуючих математичних моделей дозволяє провести типові розрахунки для конкретних типів зразків озброєння (засобів) радіотехнічного призначення (забезпечення) або конкретних задач щодо радіоелектронної боротьби та розвідувального забезпечення за участі існуючих засобів та комплексів, що значно обмежує

проведення досліджень (врахування) як окремих засобів, так і системи у цілому, з метою формування вимог до перспективних зразків. Метою статті є розгляд підходу щодо врахування впливу радіоперешкод на засоби радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в математичній моделі операції (бойових дій) військ (сил). Оцінювання можливостей та визначення напрямів практичної реалізації зазначених питань. У статті розглядається вирішення питань модульної інтеграції математичних розрахунків (виразів) радіоелектронної обстановки (радіорозвідки, радіозв'язку, радіоперешкод) до імітаційної математичної моделі операцій (бойових дій), виключення логічних казусів ітераційного підходу в імітаційних моделях та послідовності проведення розрахунків у взаємовпливі модулів. Наведено практичні результати реалізації зазначених питань на базі математичної моделі операції (бойових дій), проведено аналіз можливостей та значущості такої реалізації як елемента удосконалення. Також встановлено, що отриманий результат уточнює модельний час операції (бойових дій) угруповання військ (сил), що дає можливість детально аналізувати внесок кожного модуля поетапно, деталізує моделювання операції (бойових дій), підвищує достовірність результатів моделювання, дозволяє здійснювати оцінювання впливу радіоперешкод під час проведення радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки на базі математичної моделі операцій (бойових дій) як за частковими показниками (дальність розвідки, ймовірність виявлення, скритність, живучість та інші), так і за показниками ефективності за все угруповання військ (втрати сторін, бойовий потенціал, глибина наступу).

Ключові слова: математична модель, радіоперешкоди, радіотехнічна розвідка, артилерійська радіолокаційна розвідка.

Вступ (Introduction)

Досвід роботи органів військового управління, особливо під час війни в Україні, сформулював гостру проблематику у проведенні розрахунків та врахуванні впливу радіоперешкод на окремих варіантах сценаріїв операції (бойових дій). Зокрема, під час планування та практичного проведення радіотехнічної розвідки, артилерійської радіолокаційної розвідки пропозиції розробляють, спираючись, як правило, на досвід, інколи навіть на інтуїцію, а в окремих випадках здійснюють наближені експрес-розрахунки (Semenenko, Marko, Chernyshova, Koverga, Pekuliak, 2021). Крім того, питання врахування радіоперешкод таким засобам як за свою сторону, так і за сторону противника враховуються умовно на рівні узагальнених коефіцієнтів.

Нині підготовка та планування операцій (бойових дій) у Збройних Силах обмежується використанням математичної моделі операції (бойових дій), іншими розрахунковими задачами (програмами) на рівні розрахунків співвідношень сторін та подальшим прогнозуванням можливих втрат відповідно. Однак питання щодо розрахунків забезпечення, особливо радіотехнічного, та ще й в умовах активних радіоперешкод має рекомендаційний характер, а коректне оцінювання такого впливу за показниками ефективності угруповання військ (втрати сторін, бойовий потенціал, глибина наступу та інші) є складним. Тому врахування впливу радіоперешкод на засоби радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в моделюванні операцій (бойових дій) займає важливе місце у практичній діяльності штабів під час розігрування варіантів (планів) на етапах підготовки та планування застосування збройних сил (Корнійчук, 2020), (Тези доповідей, 2018), (Пушков, 2021).

Аналіз публікацій (Semenenko, Pavlovskyi, Solomitsky, Zvarych, Skurinevska, 2020), (Sova, Shyshatskyi, Ostapchuk, Trotsko, Pylypchuk, 2022), (Semenenko, Mashkin, Onofriichuk, Paiuk, Cherevatyi, 2021) свідчить про відсутність єдиного підходу до математичного моделювання операцій (бойових дій) з урахуванням можливостей радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в умовах радіоперешкод у цілому. Питання

оцінювання такого впливу на хід та результати операцій (бойових дій) військ (сил) за показниками ефективності угруповання військ (втрати сторін, бойовий потенціал, глибина наступу та інші) не мають практичного змісту (внеску) на етапах розігрування варіантів (планів). Більшість джерел описують правила, підходи, методики, практичні варіанти реалізації та застосування окремого напряму, з відповідними рекомендаціями, наприклад, розрахунку зон радіоелектронної боротьби, зон розвідки, можливостей артилерійської та радіотехнічної розвідки тощо. В інших публікаціях детально описано розрахунок співвідношень протиборчих сторін, моделювання бойових дій (операцій) без урахування розрахунків можливостей та результатів роботи радіотехнічної і артилерійської радіолокаційної розвідки в умовах радіоперешкод або ж таке врахування здійснюється на рівні окремих, дуже наближених (умовних) коефіцієнтів (Semenenko, Khomchak, Kirsanov, Dobrovolskyi, Shyhyda, 2021), (Butvin, Mashkin, Sobolev, Open'ko, Maslenko, 2022), (Semenenko, Mashkin, Onofriichuk, Paiuk, Cherevatyi, 2021).

Отже, умови сучасної збройної боротьби (протистояння) характеризуються широким використанням нових радіотехнічних зразків озброєння (Романченко, Загорка, Бутенко, Дейнега, 2019) та складними умовами радіоелектронної обстановки (радіорозвідки, радіозв'язку, радіоперешкод), а раціональне застосування та подальше оцінювання таких дій потребують відповідних розрахунків. У той же час, через відсутність єдиного підходу до математичного моделювання операцій (бойових дій) з урахуванням можливостей радіотехнічної та артилерійської розвідки в умовах радіоперешкод на рівні математичних (імітаційних) моделей може знизитись якість обґрунтування рішень щодо планів (задумів) штабів збройних сил усіх рівнів (стратегічного, оперативного і тактичного).

Таким чином, розгляд питань щодо врахування впливу радіоперешкод на засоби радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в математичній моделі операції (бойових дій) військ (сил) є актуальним та необхідним і потребує від інструментальних засобів для розрахунків (моделювання) удосконалення (розвитку).

Методологічна основа (Methodological Framework)

Використання методів аналітичного моделювання у існуючих математичних моделях дозволяють здійснити типові розрахунки для конкретних типів зразків озброєння (засобів) радіотехнічного призначення (забезпечення) або конкретних задач щодо радіоелектронної боротьби та розвідувального забезпечення за участі існуючих засобів та комплексів (Ермак, 2019). Однак, використання таких методів досліджень не дає можливості сформувати (конкретизувати) вимоги для подальшого удосконалення таких засобів (комплексів, систем) або варіантів їх застосування на полі бою (в операції).

Загалом, у дослідженні питання щодо підходів до врахування впливу радіоперешкод під час проведення радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в математичній моделі операції (бойових дій) військ (сил), також використовувались методи теорії імітаційного моделювання – під час розрахунків (математичного моделювання) операцій (бойових дій) військ (сил) із врахуванням відповідної радіоелектронної обстановки та методи дослідження операцій – при формалізації оцінювання розрахунків впливу радіоперешкод під час проведення радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки на базі математичної моделі операцій (бойових дій) як за частковими показниками, так і за показниками ефективності за все угруповання військ (сил) (втрати сторін, бойовий потенціал, глибина наступу та ін.).

Результати і обговорення (Results and Discussions)

Особливістю збройної боротьби нині є використання низки високотехнічних нових радіотехнічних засобів як розвідки, так і радіоелектронної боротьби. Нехтування в

розрахунках можливостями останніх або їх умовне декларування призводить до відкриття противнику своїх позицій, місць передислокації, втрати зв'язку, неправильного оцінювання обстановки, втрат бойової техніки та живої сили. Застосування безпілотних літальних апаратів для радіотехнічної розвідки, постановки перешкод, завдавання вогневого удару є повсякденними випадками в сучасній війні й в міжнародних конфліктах, а розвиток нових зразків для створення радіоперешкод є одним із перших пунктів у програмах розвитку (переозброєння) сучасних збройних сил.

Таким чином, питання стосовно спеціальних розрахунків під час планування та проведення радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в умовах активних радіоперешкод постає дуже гостро перед штабами збройних сил. До того ж, їх вирішення потребує значної кількості розрахунків радіоелектронної обстановки у визначеній операційній зоні (полі бою) (Меньшаков, 2008), (Мовчан, Бражнікова, Богучарський, 2018).

Доступним та достатнім способом вирішення зазначеної проблеми є модульна інтеграція математичних виразів розрахунків радіоелектронної обстановки (радіорозвідки, радіозв'язку, радіоперешкод) до імітаційної математичної моделі операцій (бойових дій) (Осиновий, Субач, Биков, Колчигін, 2018). Вдале поєднання математичних виразів у загальний процес моделювання (імітації) операції (бою) дозволить лише наполовину задовольнити всі аспекти планування та проведення радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки в умовах активних радіоперешкод. Як наслідок, залишаться відкритими питання виключення логічних казусів ітераційного підходу в імітаційних моделях (Військовий стандарт 01.101.003, 2008), (Тяпкин, Фомин, Гарин, 2011). Окремим пунктом є послідовність здійснення розрахунків та взаємовплив модулів. Такі проблемні питання пов'язані, насамперед, з різним впливом засобів радіоелектронної боротьби на об'єкти ураження (подавлення), ступінь подавлення яких залежить від взаємодії останніх з іншими цілями, про що свідчать загальні формули для подавлення приймачів радіолокаційних систем артилерійської розвідки (формула 1) та засобів пасивної радіотехнічної розвідки (формула 2) (Романченко, Загорка, Бутенко, Дейнега, 2019):

$$D_{РЛС\min} = \sqrt[4]{\frac{P_{рлс} \cdot G_{рлс} \cdot \sigma_n \cdot K_n \cdot \Delta f_n \cdot D_n^2}{P_{пп} \cdot G_{пп} \cdot 4\pi \cdot \Delta F_{пр} \cdot \nu_n}}, \quad (1)$$

де $D_{РЛС\min}$ – мінімальна дальність дії артилерійської радіолокаційної розвідки під час радіоелектронної боротьби, D_n – дальність від радіолокаційної станції до радіоелектронної боротьби, $P_{рлс}$ – потужність РЛС, $P_{пп}$ – потужність постановника радіоперешкод, $G_{пп}$ та $G_{рлс}$ – коефіцієнти підсилення антен постановника радіоперешкод в напрямку на приймач радіолокаційної станції та приймальної антени в напрямку на передавач радіолокаційної станції відповідно, σ_n – ефективна поверхня розсіювання цілі, $\Delta F_{пр}$ *та* Δf_n – смуги пропускання приймача та постановника перешкоди відповідно, ν_n – коефіцієнт поляризації.

$$D_n = D_{розв} \sqrt{\frac{P_{пп} \cdot G_{пп} \cdot G_{пр}(\beta) \cdot \Delta F \cdot \nu_n}{P_{пс} \cdot G_{пс} \cdot G_{пр} \cdot \Delta f \cdot K_n}}, \quad (2)$$

де $D_{пс}$ – дальність подавлення станцій радіотехнічної розвідки, $D_{розв}$ – дальність пасивної радіотехнічної розвідки цілі, $P_{пс}$ – потужність передавача радіосигналу цілі, $G_{пс}$ – коефіцієнт підсилення антени передавача радіосигналу в напрямку на радіоприймач, $G_{пр}(\beta)$ – коефіцієнт підсилення антени радіоприймача в напрямку на передавач радіоперешкод, $G_{пр}$ – коефіцієнт підсилення антени радіоприймача в напрямку на передавач радіосигналу цілі, K_n – коефіцієнт подавлення.

Також, крім основних умов моделювання радіоперешкод для згадуваних систем (комплексів), де кожен об'єкт зазнає одночасно різних впливів та розраховується за кожну ціл окремо, ще варто враховувати й орієнтацію антенних систем у просторі (2), а також здійснювати такий аналіз (корекцію) роботи на кожній ітерації у динамічно змінюваній обстановці (Semenenko, Baranov, Shyhyda, Remez, Momot, 2023).

Один із підходів до реалізації врахування впливу радіоперешкод під час здійснення радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки на базі математичної моделі операцій (бойових дій) представлено на рисунку 1 у вигляді блок-схеми.

Головною особливістю такої реалізації є паралельна інтеграція математичних розрахунків здійснення розвідки радіотехнічної (блоки 2, 4, 6, 8), артилерійської радіолокаційної (блоки 3, 5, 7, 9) і впливу радіоперешкод (блок 1) на етапі вибору цілей розвідки для подальшого вироблення рішення на ураження (блок 11) цих цілей (розв'язання задач цілерозподілу) в математичній моделі операцій (бойових дій). Важливим функціональним блоком етапу вибору цілей розвідки є врахування можливостей засобів радіозв'язку (блок 10), знову ж таки, в умовах радіоперешкод (блок 1).

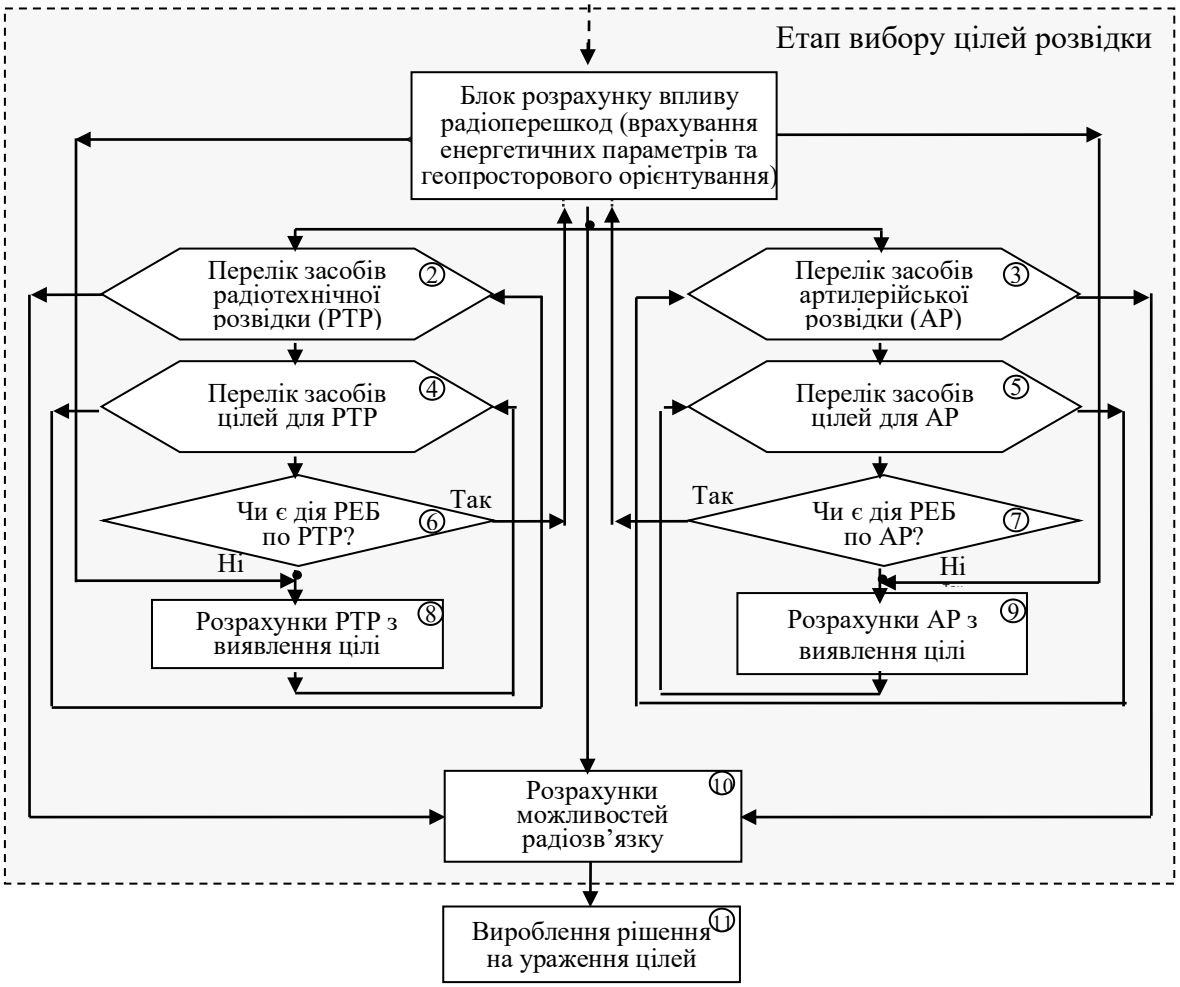


Рисунок 1. Блок-схема врахування впливу радіоперешкод на засоби радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки на базі математичної моделі операцій (бойових дій)

Представлена на рисунку 1 блок-схема дозволяє врахувати всі згадані особливості щодо уникнення логічних помилок під час вибору об'єктів розвідки для подальшого моделювання операцій (бойових дій), розрахувати єдину радіоелектронну обстановку (радіорозвідки,

радіозв'язку, радіоперешкод) та мінімізувати кількість ітераційних повернень та повторних перерахунків. Крім того, запропонована блок-схема дає можливість виокремлювати (розділяти) роботу різних типів розвідки та радіоелектронної боротьби для поетапних (окремих) варіантів моделювання (досліджень).

Головною перевагою розглянутого питання є поєднання обґрунтованих математичних розрахунків радіотехнічної й артилерійської радіолокаційної розвідки в умовах радіоперешкод, що виключає коефіцієнтні (наближені) підходи їх логічного ітераційного розмежування для формування єдиного радіоелектронного простору (радіорозвідки, радіозв'язку, радіоперешкод), а також даних щодо розвіданих об'єктів для математичної моделі операцій (бойових дій). Такий підхід також дозволяє оцінювати результати моделювання (впливу) згадуваних радіотехнічних засобів за показниками ефективності угруповання військ (втрати сторін, бойовий потенціал, глибина наступу та інші).

Практичний результат роботи наведеної на рисунку 1 блок-схеми щодо вирішення питання стосовно урахування впливу радіоперешкод на засоби радіотехнічної та артилерійської розвідки в математичній моделі операцій (бойових дій) військ (сил) представлено на рисунку 2.

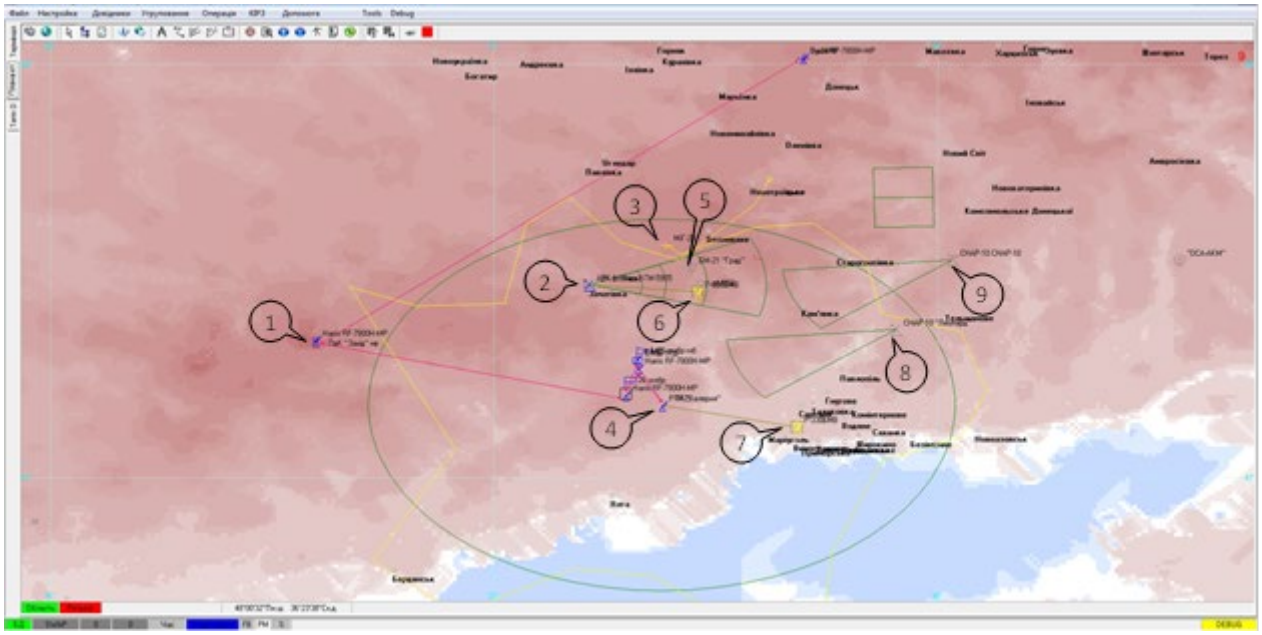


Рисунок 2. Урахування впливу радіоперешкод на засоби радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки на базі математичної моделі операцій (бойових дій)

На рисунку 2 видно, що станція артилерійської розвідки (позначка 2) перебуває під впливом засобу радіоелектронної боротьби (позначка 6), що унеможливлює розвідку ракетної системи залпового вогню (позначка 5). Крім того, станція пасивної радіотехнічної розвідки (позначка 4) має кругову зону відповідальності, однак перебуває під впливом засобу радіоелектронної боротьби (позначка 7), що унеможливлює виявлення радіолокаційної станції противника (позначка 8). Варто зазначити, що в той самий час активні засоби радіоелектронної боротьби (позначки 6, 7) та літак з активною радіолокаційною станцією розвідки (позначка 3) виявляються за даних умов моделювання. Також дані про розвідані об'єкти противника, за умови неподавлення, передаються по відображених каналах зв'язку до командного пункту (позначка 1), після чого розвідані об'єкти підсвічуються кольором противника та потрапляють до масиву цілей для знищення (ураження).

Такий аналіз радіоелектронної обстановки, стану розвіданості об'єктів противника повторюється на кожному кроці моделювання. Це дозволяє деталізувати моделювання операції (бойових дій), підвищити достовірність результатів моделювання, здійснювати оцінювання проведення врахування розрахунків впливу радіоперешкод під час проведення радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки на базі математичної моделі операцій (бойових дій) як за частковими показниками (дальність розвідки, ймовірність виявлення, скритність, живучість та інші), так і за показниками ефективності за все угруповання військ (сил) (втрати сторін, бойовий потенціал, глибина наступу та ін.). Крім того, подібна практична реалізація дасть можливість штабам на всіх рівнях повноцінно проводити і, головне, враховувати розглянуті складові на всіх фазах підготовки та планування операції (бойових дій) (Тяпкин, Фомин, Гарин, 2011). Також отриманий результат уточнює модельний час операції (бойових дій) угруповання військ (сил), що дозволяє детально аналізувати внесок кожного модуля поетапно.

Висновки (Conclusion)

Таким чином, у статті розглянуто підхід до врахування розрахунків впливу радіоперешкод на засоби радіотехнічної та артилерійської розвідки в математичній моделі операцій (бойових дій) військ (сил), що дасть змогу підвищити якість прийняття рішень у штабах ЗС усіх рівнів (стратегічного, оперативного і тактичного). Вирішення зазначених питань дозволяє деталізувати моделювання операції (бойових дій), підвищити достовірність результатів моделювання та збільшити точність імітаційної моделі операції (бойових дій), а також здійснювати оцінювання врахування впливу радіоперешкод під час здійснення радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки на базі математичної моделі операцій (бойових дій) як за частковими показниками, так і за показниками ефективності за все угруповання військ (сил).

Попередній аналіз отриманих результатів математичного моделювання підтверджує працездатність та доцільність розглянутих питань щодо врахування впливу радіоперешкод на засоби радіотехнічної та артилерійської радіолокаційної розвідки. Реалізація єдиного підходу до математичного моделювання операцій (бойових дій) з використанням паралельної інтеграції математичних розрахунків дасть можливість усунути суттєві розбіжності у способах формалізації розв'язання окремих задач, які використовуються у відомих спеціалізованих методиках та моделях, та комплексувати їх.

Перспективою подальших досліджень є розвиток математичного моделювання операцій (бойових дій) військ (сил) з урахуванням розглянутих питань, що дозволить надати обґрунтовані рекомендації штабам та органам військового управління.

Рекомендації (Recommendations)

Розвиток математичного моделювання операцій (бойових дій) військ (сил) з урахуванням розрахунків впливу радіоелектронної боротьби під час проведення радіотехнічної та артилерійської розвідки в математичній моделі операції (бойових діях) військ (сил), як перспектива подальших досліджень, дозволить надати обґрунтовані рекомендації штабам та органам військового управління щодо врахування повноцінного спектра даних розвідувального забезпечення в умовах радіоперешкод під час планування та проведення операцій (бойових дій) угруповань військ. Крім того, це дасть можливість проводити дослідження застосування як окремих засобів, так і системи у цілому з метою формування вимог до перспективних зразків.

Використані джерела

1. Mathematic Model of the Troop Management Cycle based on a Continuous Markov Chain for

an Automated Control System. Semenenko, O., Kirsanov, S., Mashkin, O., Pravdyvets, O., Petrozhalko, V. (2022) Iranian Journal of War and Public Healththis link is disabled, 2022, 14(3), p. 271–278.

2. Methodological Aspects of the Military-Economic Significance of Agriculture and Modern Problems of Military Food Resources in Ukraine. Semenenko, O., Marko, I., Chernyshova, I., Koverga, V., Pekuliak, R. (2022) Scientific Horizonsthis link is disabled, 2021, 24(8), p. 81–97.
3. Сучасне озброєння і військова техніка Збройних Сил Російської Федерації. Довідник ООС. За заг. ред. С. П. Корнійчука. Харків. ДІСА ПЛЮС. 2020. 1220 с.
4. *Теорія та практика створення, розвитку і застосування високотехнологічних систем спеціального призначення з урахуванням досвіду антитерористичної операції.* (2018) Зб. матер. наук.-практ. конф. Тези доповідей (Житомир, 26–27 квіт. 2018 р.). Житомир. ЖВІ. 2018. 384 с.
5. Пушков Д. Перспективы развития сетей мобильной радиосвязи пятого поколения в ВС США. (2021) Зарубежное военное обозрение. Москва. Красная звезда. 2021. № 1. С. 36–41.
6. Semenenko, O., Khomchak, R., Kirsanov, S., Dobrovolskyi, U., Shyhyda, A. A mathematical model for describing the operation of airborne gun-laying radars in conditions of active counteraction to enemy interference and military-economic assessment of the feasibility of its implementation. (2021). *INCAS Bulletin*, 2021, 13(Special Issue), p. 193–208.
7. Butvin, B., Mashkin, O., Sobolev, O., Open'ko, P., Maslenko, S. Parametric Adaptation as an Element of Mathematical Models Qualimetry of Complex Processes. (2022). *Advances in Military Technologythis link is disabled*, 2022, 17(2), p. 427–437.
8. Semenenko, O., Mashkin, O., Onofriichuk, P., Paiuk, O., Cherevatyi, T. Features of application of the Lanchester-type mathematical models in stochastic formulation when assessing the realities of air-land battle. (2021). *INCAS Bulletin,* 2021, 13(Special Issue), p. 209–215.
9. Semenenko, O.M., Pavlovskyi, O.V., Solomitsky, A.I., Zvarych, S.S., Skurinevska, L.V. Modern aspects of sustainable development of military and economic security principles and practices. (2020). *Rivista di Studi sulla Sostenibilitathis link is disabled*, 2020(2), p. 113–128.
10. Development of a method for increasing the interruption protection of multi-antenna systems Sova, O., Shyshatskyi, A., Ostapchuk, V., ...Trotsko, O., Pylypchuk, I. (2022). Development of a method for increasing the interruption protection of multi-antenna systems with spectrally effective special purpose signals under the influence of destabilizing factors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologiesthis link is disabled*, 2022(4), p. 6-14.
11. Semenenko, O., Baranov, S., Shyhyda, A., Remez, V., Momot, D. Theoretical Aspects of Predicting the Results of Development of the Armed Forces' Capabilities, Considering the Assessments of Sufficiency of the State's. (2023). *Economic Capabilities Based on the Mathematical Apparatus of S-shaped Functions Economic Affairs (New Delhi)this link is disabled*, 2023, 68, p. 641–647.
12. Аналіз бойового досвіду та рекомендації для підготовки та виконання завдань за призначенням підрозділами розвідувального забезпечення та підтримки. Житомир. ЖВІ ім. С.П.Корольова. 2023.Випуск 1. 40 с.
13. Романченко І. С., Загорка О. М., Бутенко С. Г., Дейнега О. В. Теорія і практика боротьби з малорозмірними низьколітними цілями (оцінка можливостей, тенденції розвитку засобів протиповітряної оборони). (2011) Моногр. Житомир. Полісся. 2011. 344 с.
14. Ермак С. Н. и др. (2019) Системы и средства радиоэлектронной борьбы. Учеб. пособ. Минск. БГУИР. 2019. 264 с.
15. Меньшаков Ю. К. Теоретические основы технических разведок. Учеб. пособ. Под ред. Ю. Н. Лаврухина. Москва. МГТУ. 2008. 536 с.

16. Мовчан А. С., Бражнікова Л. Л., Богучарський О. В. (2018) До питання математичного моделювання радіоелектронної обстановки в операції оперативного угруповання військ. Київ. *Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України*. 2018. № 4(86). С. 163–174.
17. Осиновий Г .Г., Субач Б. П., Биков В. М., Колчигін М. М. (2018) Зниження радіолокаційної помітності літальних апаратів за допомогою Stealth-технологій. Озброєння та військова техніка. Наук.-техн. журн. Київ. ЦНДІ ОВТ ЗС України. 2018. № 2 (18). С. 71–74.
18. Військовий стандарт 01.101.003. Воєнна розвідка. (2008) Радіоелектронна розвідка. Терміни та визначення: видання 1. Київ. Міністерство оборони України. 2008. 22 с.
19. Тяпкин В Н, Фомин А. Н., Гарин Е. Н. (2011) Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск. Учебн. Красноярск. Сиб. федер. ун-т. 2011. 536 с.

References

1. Mathematic Model of the Troop Management Cycle based on a Continuous Markov Chain for an Automated Control System. Semenenko, O., Kirsanov, S., Mashkin, O., Pravdyvets, O., Petrozhalko, V. (2022) Iranian Journal of War and Public Healththis link is disabled, 2022, 14(3), p. 271–278.
2. Methodological Aspects of the Military-Economic Significance of Agriculture and Modern Problems of Military Food Resources in Ukraine. Semenenko, O., Marko, I., Chernyshova, I., Koverga, V., Pekuliak, R. (2022) Scientific Horizonsthis link is disabled, 2021, 24(8), p. 81–97.
3. Modern weapons and military equipment of the Armed Forces of the Russian Federation. JFO Handbook. Overall. Ed. S. P. Korniychuk. Kharkiv. DISA PLUS. 2020. 1220 p.
4. *Theory and practice of creation, development and application of high-tech special-purpose systems, taking into account the experience of the anti-terrorist operation.* (2018) Coll. Mater. Sci.-Pract. Conf. Abstracts (Zhytomyr, April 26–27, 2018). Zhytomyr. ZHVI. 2018. 384 p.
5. Pushkov D. Prospects for the Development of Fifth-Generation Mobile Radio Communication Networks in the US Armed Forces. (2021) Foreign Military Review. Moscow. Red Star. 2021. No 1. P. 36–41.
6. Semenenko, O., Khomchak, R., Kirsanov, S., Dobrovolskyi, U., Shyhyda, A. A mathematical model for describing the operation of airborne gun-laying radars in conditions of active counteraction to enemy interference and military-economic assessment of the feasibility of its implementation. (2021). *INCAS Bulletin*, 2021, 13(Special Issue), p. 193–208.
7. Butvin, B., Mashkin, O., Sobolev, O., Open'ko, P., Maslenko, S. Parametric Adaptation as an Element of Mathematical Models Qualimetry of Complex Processes. (2022). *Advances in Military Technologythis link is disabled*, 2022, 17(2), p. 427–437.
8. Semenenko, O., Mashkin, O., Onofriichuk, P., Paiuk, O., Cherevatyi, T. Features of application of the Lanchester-type mathematical models in stochastic formulation when assessing the realities of air-land battle. (2021). *INCAS Bulletin,* 2021, 13(Special Issue), p. 209–215.
9. Semenenko, O.M., Pavlovskyi, O.V., Solomitsky, A.I., Zvarych, S.S., Skurinevska, L.V. Modern aspects of sustainable development of military and economic security principles and practices. (2020). *Rivista di Studi sulla Sostenibilitathis link is disabled*, 2020(2), p. 113–128.
10. Development of a method for increasing the interruption protection of multi-antenna systems Sova, O., Shyshatskyi, A., Ostapchuk, V., ... Trotsko, O., Pylypchuk, I. (2022). Development of a method for increasing the interruption protection of multi-antenna systems with spectrally effective special purpose signals under the influence of destabilizing factors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologiesthis link is disabled*, 2022(4), p. 6-14.
11. Semenenko, O., Baranov, S., Shyhyda, A., Remez, V., Momot, D. Theoretical Aspects of Predicting the Results of Development of the Armed Forces' Capabilities, Considering the

Assessments of Sufficiency of the State's. (2023). *Economic Capabilities Based on the Mathematical Apparatus of S-shaped Functions Economic Affairs (New Delhi)this link is disabled*, 2023, 68, p. 641–647.

12. Analysis of combat experience and recommendations for the preparation and execution of assigned tasks by intelligence support and support units. Zhytomyr. ZhVI them. S.P.Koroleva. 2023.Issue 1. 40 p. (in Russian).
13. Romanchenko, I. S., Zahorka, O. M., Butenko, S. H., and Deyneha, O. V. "Teoriya i praktika boru s maloziznimi nizolitnymi tsel'ni (otseniya pospossibility, tendentsii rozvytku predstavlennoi oborona)" [Theory and practice of combating small-sized low-age goals (assessment of capabilities, trends in the development of means of air defense)." (2011) Monogr. Zhytomyr. Polissia. 2011. 344 p.
14. Yermak S. N. et al. (2019) Electronic Warfare Systems and Means. Minsk. BSUIR. 2019. 264 p.
15. Menshakov Y. K. Teoreticheskie osnovy tekhnicheskikh razvedok [Theoretical foundations of technical exploration]. Study. Help. Ed. Yu.N. Lavrukhina. Moscow. MSTU. 2008. 536 p.
16. Movchan, A. S., Brazhnikova, L. L., and Bogucharsky, O. V. (2018) On the issue of mathematical modeling of the radio-electronic situation in the operation of the operational group of troops. Kyiv.Coll., *Sci., pr., Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine.* 2018. № 4(86). pp. 163–174.
17. Osinovyi, G.G., Subach, B.P., Bykov, V.M., Kolchygin, M.M. (2018) Reducing the radar visibility of aircraft using Stealth technologies. Weapons and military equipment. Sci.-Techn. Journ. Kyiv. Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine. 2018. № 2 (18). Pp. 71–74.
18. Military Standard 01.101.003. Military intelligence. (2008) Electronic Intelligence. Terms and definitions: edition 1. Kyiv. Ministry of Defense of Ukraine. 2008. 22 p.
19. Tyapkin, V. N., Fomin, A. N., and Garin, E. N. (2011) Fundamentals of Building Radar Stations of Radio Engineering Troops. Uchebn. Krasnoyarsk. Sib., federal. Univ. 2011. 536 p.

An approach to assessing the impact of radio interference on the means of radio technical and artillery radar reconnaissance in operations (combat actions) of troops (forces)

Artur Movchan
Senior Researcher
Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitroflotskyi Ave., 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: asepost2@gmail.com
ORCID:0009-0006-0559-4962

Liudmyla Brazhnikova
Senior Researcher
Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitroflotskyi Ave., 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: lyuda0162@gmail.com
ORCID:0009-0000-4396-8204

Центральний науково-дослідний інститут
Збройних Сил України
Military Science. Vol. 1 No. 1. 2023

Oleksii Bohucharskyi
Senior Researcher
Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitroflotskyi Ave., 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: wbm80@i.ua
ORCID:0009-0009-8870-5497

Abstract. The article discusses one of the approaches to taking into account the influence of radio interference during radio engineering and artillery radar reconnaissance in the mathematical model of the operation (combat operations) of troops (forces). An assessment of opportunities has been carried out and directions for the practical implementation of these issues have been determined. The relevance of the topic is due to the need to improve (develop) tools for calculating (modeling) operations (combat operations), taking into account the impact of radio interference on the means of radio engineering and artillery radar reconnaissance. It is established that to date, taking into account the conduct of radio and artillery radar reconnaissance by means of radio interference during the simulation of operations (combat operations) occupies an important place in the practical activities of headquarters at all levels (strategic, operational and tactical) when playing out options (plans) at the stages of preparation and planning of the use of the Armed Forces (Semenenko, Kirsanov, Mashkin, Pravdyvets, Petrozhalko, 2022). The analysis showed the lack of a unified approach to mathematical modeling of operations (combat operations), taking into account the capabilities of radio engineering and artillery radar reconnaissance in the conditions of radio interference in general. And the issues of assessing such an impact on the course and results of operations (combat operations) of troops (forces) do not have a practical content (contribution) at the stages of playing out options (plans). In addition, some of the existing mathematical models allow for typical calculations for specific types samples of weapons (means) for radio engineering purposes (support) or specific tasks for electronic warfare and reconnaissance support with the participation of existing means and complexes, which significantly limits the research (accounting) of both individual means and the system as a whole, in order to form requirements for promising samples. The aim of the article is to consider the approach to taking into account the influence of radio interference on the means of radio engineering and artillery radar reconnaissance in the mathematical model of the operation (combat operations) of troops (forces). Assessment of opportunities and determination of directions for practical implementation of these issues.The article discusses the solution of the issues of modular integration of mathematical calculations (expressions) of the radio-electronic situation (radio intelligence, radio communication, radio interference) into the simulation mathematical model of operations (combat operations), the exclusion of logical incidents of the iterative approach in simulation models and the sequence of calculations in the interaction of modules. The practical results of the implementation of these issues on the basis of the mathematical model of the operation (combat operations) are presented, the analysis of the possibilities and significance of such implementation as an element of improvement. It is also found that the obtained result clarifies the model time of the operation (combat operations) of the grouping of troops (forces), which makes it possible to analyze in detail the contribution of each module in stages, details the simulation of the operation (combat operations), increases the reliability of the modeling results, allows to assess the impact of radio interference during radio engineering and artillery radar reconnaissance on the basis of a mathematical model of operations (combat operations) both by partial indicators (range reconnaissance, probability of detection, secrecy, survivability, etc.), and in terms of effectiveness for the entire grouping of troops (losses of the parties, combat potential, depth of the offensive).

Keywords: mathematical model, radio interference, electronic intelligence, artillery radar reconnaissance.