

В. М. Перьков, канд. техн. наук А. П. Герасимов, д-р техн. наук О. В. Дегтярев

## ДО РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ТА ПРОТИРАКЕТНОЇ ОБОРОНИ. ОБҐРУНТУВАННЯ АПАРАТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

У рамках завдання розроблення методології побудови системи протиповітряної та протиракетної оборони обґрунтовано апарат дослідження. Складність проблеми, яку розглядають, зумовлена багатofакторністю об'єкта дослідження, його якісним різноманіттям і розгалуженістю структури, а також неповною визначеністю умов задачі. Крім того, значно підвищують ризик прийняття не найкращих рішень можливості сучасних технологій зі створення різних систем озброєнь, здатних вирішувати завдання одного класу. Виходячи з цього, а також з урахуванням різкого зростання вартості сучасних озброєнь і військової техніки поставлене завдання віднесено до класу оптимізаційних і таких, що вирішують у рамках теорії дослідження операцій, у яких проблему розглядають як математичну задачу, а базовим методом дослідження є математичне моделювання. У рамках проведеного аналізу розглянуто основні види математичних моделей, їхні сфери застосування, переваги та недоліки. Позначено класифікацію математичних моделей за масштабом відтворюваних операцій, призначенням, цільовою направленістю. Як критерій ефективності, що підпорядковує цілеспрямованість моделі, взято найбільш поширене в сучасних підходах до розв'язання задач класу, що розглядається, кількісно-якісне співвідношення сил сторін, що протистоять. Показано проблеми, що належать до нього. Зокрема – пошук компромісу між простотою математичної моделі та ступенем її адекватності об'єкту дослідження. Розглянуто два основних підходи до принципів побудови моделі військової операції та її оцінення. Перший реалізується за допомогою моделювання бойових дій. Другий підхід ґрунтується на припущенні порівняльності різних типів озброєнь за їхнім внеском у кінцевий результат операції та можливості присвоєння кожному з них «вагового коефіцієнта» – бойового потенціалу. Подано сучасний рівень розв'язання задач, пов'язаних з цим методом. Обґрунтовано доцільність його застосування в задачі, що розглядається, у т. ч. для визначення співвідношення сил сторін, що протистоять. За результатами аналізу сформульовано базові положення концепції побудови шуканої математичної моделі й апарату її дослідження: поставлене завдання необхідно вирішувати аналітичними методами в рамках теорії дослідження операцій; найбільш прийнятним поданням рівня військової операції, що аналізується, є аналітична модель; синтез моделі повинен базуватися на понятті бойового потенціалу. При цьому слід урахувати, що відомий підхід до оцінювання співвідношення сил з використанням методу бойових потенціалів має ряд істотних обмежень, у т. ч. методологічного плану, і в рамках подальших досліджень потребує розвитку як з точки зору підвищення ступеня достовірності одиначної оцінки, так і з точки зору надання математичній моделі, що синтезується, якостей системності.

**Ключові слова:** багатофункціональна система, математична модель, військове формування, бойовий потенціал, співвідношення сил, оборонна достатність.

*Substantiation of the research tools has been performed as a part of methodology development for the air and missile defense system. The problem under consideration is very complex due to the multifactorial nature of the research object, its qualitative variety and manifold structure, incomplete definition of the problem statement. Furthermore, the ability of modern technologies to produce different arms systems, which are capable of carrying out same class tasks, considerably increases the risk of making not the best decisions. Based on this, as well as taking into account the sharp increase in the cost of weaponry, the considered problem is classified as an optimization one that should be solved through the theory of operations research. In this theory, such task is viewed as a mathematical problem, and mathematical simulation is the basic method of research. The main types of mathematical models, their areas of application have been considered as a part of the analysis. The classification of mathematical models has been indicated according to the scale of reproduced operations, purpose, and goal orientation. Quantitative and qualitative correlation of forces has been accepted as the efficiency criterion, which determines a goal orientation of the model. The problems related to this have been shown. In particular, searching for the compromise between simplicity of the mathematical model and its adequacy to the research object is among these problems. Two of the basic approaches to principles of the military operation model construction and its assessment have been considered. The first is implemented through modeling of the combat operations. The second approach is based on the assumption that different armament types can be compared based on their contribution to the outcome of the operation, and on the possibility to assign «a weighting coefficient» named as a combat potential to each of these types. The modern*

level of problem solving related to this method has been shown. The reasonability of its application in the considered task, including the definition of forces correlation of the opposing parties, has been substantiated. The basic regulations of the construction concept of the required mathematical model and tools for its research have been formulated based on the analysis results: the assigned problem should be solved by analytical methods through the theory of operations research; the analytical model is the most acceptable conception of the analyzed level of the military operation; the synthesis of the model should be based on the idea of a combat potential. At the same time, it should be taken into account that the known approach to the definition of forces correlation, which uses the combat potential method, has a number of essential limitations, including the methodological ones. Therefore, within the bounds of further research, this approach requires the development both in terms of improving the reliability of the single assessment and in terms of giving the system qualities to the synthesized mathematical model.

**Key words:** multifunctional system, mathematical model, military unit, combat potential, correlation of forces, defensive sufficiency.

## Поставлення завдання

Підпорядкування структури і технічного оснащення систем протиповітряної та протиракетної оборони (ППО і ПРО) поставленим перед ними завданням є ключовою проблемою забезпечення військової безпеки кожної держави.

Останнім часом на світовому ринку озброєнь набув поширення підхід, згідно з яким замовникам пропонують комплексне вирішення завдань ППО і ПРО об'єктів, територій або країн. Як оптимальний результат реалізації такого підходу подано багатофункціональну систему оборони (БСО), призначену для боротьби з усіма видами засобів повітряного нападу, включаючи високоточну зброю, і різного типу балістичними ракетами.

Складність розроблення структури та методології побудови такої БСО зумовлена насамперед багатфакторністю об'єкта, його якісною різноманітністю та розгалуженістю структури. При цьому, крім релевантних факторів суто військового характеру, таких як характер військових загроз і структура основних озброєнь і військової техніки (ОВТ) противника, склад і структура наявних своїх ОВТ, розробляючи таку систему, потрібно орієнтуватися на географію території, що обороняють, кількість і характеристики об'єктів, що обороняють, існуючу інфраструктуру, фінансові обмеження, реалії військово-політичної обстановки тощо.

Важливим для подібних систем є й відсутність у більшості випадків можливості оцінити результати розроблення. Оскільки не існує надійних засобів прогнозування джерел військової небезпеки та співвідношення сил (СС) на міжнародній арені, а та-

кож перспектив розвитку науково-технічного потенціалу й економічних можливостей країн, що визначають зміну їхньої військової потужності, в умовах розроблення, що розглядаємо, є невизначеність, яка також не сприяє підвищенню його якості.

Разом з тим недостатність інформації або викривлення її сторонніми фактами не знімають завдання прийняття рішення. Його потрібно прийняти незалежно від повноти інформації та від можливості одержати оцінку результатів, до яких приведе його прийняття [1].

Крім того, можливості сучасних технологій зі створення різних систем озброєнь, здатних вирішувати завдання одного класу, значно підвищують ризик прийняття не найкращих рішень, а різке зростання вартості ОВТ тією ж мірою підвищує можливий збиток від прийняття таких рішень і переводить таке завдання в клас оптимізаційних.

У цих умовах підхід до досліджуваного завдання тільки на основі інтуїції та здорового глузду стає неприпустимим. Процес пошуку оптимального рішення повинен здійснюватися науковими методами аналізу цілеспрямованих дій (операцій) і об'єктивної порівняльної оцінки можливих рішень.

У розглядуваному значенні завдання оптимізації структури єдиної системи ППО і ПРО потрібно зарахувати до класу завдань організаційно-управлінського характеру та вирішувати методами теорії дослідження операцій. У рамках цієї наукової дисципліни проблему розглядають як математичну задачу. А базовим методом дослідження є математичне моделювання, що дозволяє «прорепетирувати» можливі бойові дії на кількісній основі (а не інтуїтивно), тією чи іншою мірою об'єктивно оцінити варіанти

рішень й обрати найкращий. Воно дає можливість подати протиборство угруповань військ у вигляді цілісної системи та далі проаналізувати її з позицій системного підходу [2].

Переведення поставленого завдання в площину математичних категорій і використання наукових методів розв'язання навіть за природної втрати еквівалентності між реальною й абстрактною системами в результаті спрощеного трактування об'єкта дослідження дає підставу для одержання більш справедливого рішення, ніж за чисто інтуїтивного підходу.

При цьому теорія дослідження операцій спрямована лише на обґрунтовані рекомендації щодо прийняття рішення, а сам процес прийняття належить до компетенції відповідальної особи. Тобто її не розглядають як інструмент, що дає абсолютно і єдино правильне рішення, здатний замінити або змінити політичний процес прийняття рішень. Вона покликана лише обслуговувати цей процес [3].

У розглядуваному контексті можна відзначити, що «аналітичні методи обґрунтування рішень, що забезпечують кількісне вираження здорового глузду», лягли в основу відомої системи ППБ (планування-програмування-бюджет) і набули статусу необхідного елемента системи військово-державного управління в цілому ряді країн [4, 3].

### **Теоретичні передумови та сучасний стан вирішення поставленого завдання**

У рамках проведеного аналізу розглянуто основні види математичних моделей (ММ): військові ігри, стохастичні й аналітичні моделі, переважні сфери їхнього використання, переваги та недоліки.

Військові ігри, як людино-машинна модель, малоприсадибні для аналізу бойового застосування військ, їх використовують насамперед для тренування командного складу збройних сил (ЗС).

Стохастичні моделі, що базуються на значному обсязі вихідного статистичного матеріалу бойових операцій, використовують переважно для дослідження бойового застосування окремих зразків ОВТ і невеликих військових підрозділів. Отримані за допомогою таких моделей рішення мають

вигляд імовірнісного розподілу, для одержання якого та забезпечення статистичної стійкості модельований процес репродукують багато разів для кожного набору вихідних даних. Попри все те вірогідність рішень базується на спірній тотожності характеристик минулих війн і сучасних умов ведення бойових дій. Значна кількість використовуваних у них змінних надзвичайно утруднює аналіз чутливості ММ до прийнятих допущень і вихідних даних [5] (що є невід'ємною частиною подібного роду досліджень [6]).

В аналітичних моделях зв'язок між параметрами досліджуваної системи встановлюється за допомогою функціональних співвідношень, а одержання кінцевих рішень передбачається за рахунок певної послідовності математичних операцій, які встановлюють кількісні відповідності між різними складовими ефективності. Сама структура такої моделі (за умови адекватного відбиття застосовуваними математичними залежностями досліджуваної системи) забезпечує наочну інтерпретацію результатів моделювання та спрощену процедуру аналізу її чутливості.

Позначено класифікацію ММ, яку в загальному випадку диктують потреби конкретної галузі військової науки або практики. Зокрема, за масштабом відтворюваних сценаріїв розрізняють моделі тактичного, оперативного та стратегічного рівнів. Іноді фактор масштабу визначають види і типи бойових засобів, що беруть участь в операції [7]. За призначенням моделі поділяють на штабні й дослідні. Залежно від цільової спрямованості – на оцінні й оптимізувальні.

Одне з основних положень методології математичного моделювання заперечує універсальність моделі та задає необхідність її строгої цільової спрямованості, що підпорядкована критерію ефективності [7].

Як відомо, методів визначення важливості критеріїв не існує [6]. Обрати критерій бойових можливостей, що відповідає поставленому завданню, і його однозначно оцінити досить складно, і на цей час це все ще являє собою далеку від конкретного вирішення проблему [8]. Практично таку оцінку здійснюють за загальною характеристикою вирішуваних бойових завдань або за рядом непрямих показників, що характеризують можливість їх виконання [9].

Одним із найбільш широко використовуваних показників цього плану – «центральною категорією оперативного планування», що відбиває, у тому числі, рівність або перевагу в прогнозованій операції однієї з протиборчих сторін – є їхнє СС [10, 11, 12 та ін.]. У сучасних підходах до вирішення завдання розгляданого класу кількісно-якісне СС угруповань військ сторін, що відповідає рівню виконання їхніх бойових завдань, прийнято «основним критерієм оборонної достатності» [13]. Разом з тим, якщо сформульований критерій не викликає особливих суперечностей, то методи його оцінювання, що склалися насамперед на основі узагальнення досвіду минулої війни (війн) з урахуванням наступних змін у засобах і способах ведення бойових дій [7], дотепер є предметом обговорення на сторінках спеціальної літератури, що вважають «далеко не вичерпаним» [14].

Корінь дискусії щодо кількісно-якісної оцінки СС визначає загальна методологічна проблема моделювання, пов'язана з точністю відбиття математичним описом основних характеристик досліджуваної системи. Проблема, яка значною мірою визначає концепцію математичного опису операції, а також апарат дослідження, що впливає з неї, і ставить завдання синтезу ММ як відшукування раціонального компромісу між його простотою і ступенем адекватності об'єкта дослідження.

Цілком природно, що будь-яке математичне трактування військової операції, чи буде то аналітичне, статистичне чи ігрове, пов'язане з втратою еквівалентності між реальною й абстрактною системами. Але ця розбіжність у розглядуваній сфері дослідження має різну вагу залежно від масштабу операції, призначення моделі та рівня її спеціалізації.

Досвід математичного моделювання військових операцій показує, що одна модель звичайно не описує всіх процесів, що відбуваються в конфронтуючих угрупованнях [2]. На різних етапах дослідження може бути використано специфічні вузькоспрямовані моделі, у тому числі моделі бойових дій сухопутних військ, авіації та ППО, сил флоту.

Незважаючи на належність такі ММ не мають принципових відмінностей. Проте природне прагнення найбільш повно від-

бити особливість «свого» виду ЗС або роду військ, що приводить до деталізації програми у своїй специфічній галузі, по-перше, робить їх зрозумілими тільки фахівцям певного профілю, а по-друге, суперечить умовам «стикування» їх між собою та з комплексною моделлю, що відтворює бойові дії різнорідних видів ЗС і родів військ у вигляді єдиного процесу, оскільки підвищення масштабу операцій, як правило, пов'язане з процесом агрегування за розрахунковими одиницями, розглядаєними відрізками часу та комплексом факторів, що враховують [15].

В іншому аспекті комплексна ММ (розгляданого рівня) повинна відбивати всі основні компоненти протидії угруповань військ, які в загальному випадку не просто взаємозалежні, але й можуть значно різнитися за розміром і внеском в успіх операції залежно від структури розглядуваних формувань, характеристик ОВТ, виду бойових дій, ефективності керування й забезпечення, а також від інших факторів [14]. Але оскільки деталізація такої моделі потрібна лише в певній мірі, що підпорядкована рівню керування, в інтересах якого її розробляють, вона зменшується зі сходженням від нижчих ланок до вищих [7]. А методологічна проблема адекватності вироджується в проблему позначення основних характеристик операції. Так вважають, що оскільки етап загального стратегічного планування застосування ЗС характеризується найбільшою невизначеністю вихідних даних (ВД), то й відбиття його в ММ має описувати лише принципові, якісні властивості розгляданих операцій, а не детальні характеристики [16]. В основі таких моделей лежить якісний аналіз великих військових систем.

У відомих ММ досліджуваного рівня звичайно реалізується «узагальнене трактування спільних бойових дій» видів ЗС, як, наприклад, у моделі стратегічної операції TAGS-5 (США) [5].

Цілком природно в розглядуваному колі питань наявна і «можливість призведення до грубих помилок» у результаті високого рівня узагальнення [2].

Позначений у загальних рисах вузол суперечностей, гіпертрофований специфікою об'єкта дослідження, викликав до життя умовно два основні підходи до принципів

побудови моделі військової операції та її оцінювання.

Перший напрям поєднав усі спектри заперечення (від «опису не повною мірою» [11] до «грубої помилки» [2]) можливості «штучного створення однорідності» під час описання бойових можливостей ОВТ і військових формувань за допомогою порівняння різномірних засобів боротьби з еталонними та використання «сумарного індексу бойових можливостей сторін». Він зосереджений навколо методу розв'язання шляхом розроблення ММ операції та розрахунку ефективності розглянутих угруповань моделюванням їхніх бойових дій [10, 7, 12, 14, 17].

У цьому випадку потрібний склад різномірних сил і засобів, а також збалансовані пропорції між видами ЗС, родами військ і частинами забезпечення, прийнятні нормативи бойових засобів для успішного ведення наступу або оборони може бути визначено за динамікою змінення СС залежно від варіації складу військ, форм і способів їх бойового застосування. Такий підхід дозволяє враховувати відносно велику кількість факторів, що так чи інакше впливають на результат операції [10]. Зважаючи на це, його вважають найбільш коректним [18].

Проте можливості та переваги цього підходу прямо залежать від масштабу відтворених операцій. Під час моделювання бойових дій оперативного, а тим більше стратегічного, рівня він заходить, як правило, в нерозв'язувані суперечності та проблеми [14].

Крім того, використання під час «прямого» моделювання просторово-часового розкладання процесу бойових дій значно ускладнює процедуру оптимізації рішень. Викликає сумнів і правочинність оцінювання такої операції за одним критерієм. На думку опонентів, для одержання коректного рішення один із критеріїв потрібно перетворити на максимум, інші – на мінімум (зокрема, втрати супротивника – максимум, свої – мінімум тощо). Проте ці вимоги взаємно суперечливі. А оскільки повноцінну «теорію компромісу» поки не створено, ефективність операції оцінюють за сукупністю критеріїв орієнтовно [14], що так само не дозволяє оптимізувати рішення.

Разом з тим навіть у класі розглянутих завдань складно заперечувати сильні сторо-

ни такого підходу та можливість його використання в моделях нижчого ієрархічного рівня, а також в ітераційних процесах досліджень і насамперед на етапі формування бази ВД.

Другий, альтернативний виділеному вище, напрям базується на усередненні широкого кола умов бойових дій і припущенні, що різні типи озброєння порівнянні за їхнім внеском у кінцевий результат операції, а тому кожному з них може бути присвоєно ваговий коефіцієнт, визначений як бойовий потенціал (БП). За допомогою цих «цеглинок» бойові можливості військових формувань визначають за допомогою найпростішої лінійної форми:

$$P_n = \sum_{i=1}^n x_i \cdot P_i \quad (1)$$

де  $P_n$  – бойовий потенціал військового формування;  $n$  – кількість типів озброєнь у розгляданому формуванні;  $x_i$  і  $P_i$  – кількість і бойовий потенціал озброєнь  $i$ -того типу.

А для розрахунків СС військових формувань або угруповань військ, як правило, використовують формулу

$$C = \frac{P_c}{P_n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot P_i}{\sum_{j=1}^m x_j \cdot P_j} \quad (2)$$

де  $C$  – співвідношення сил угруповань своїх військ і військ противника;  $P_c$  і  $P_n$  – сумарні бойові потенціали своїх військ і військ противника;  $n$  і  $m$  – кількість типів озброєнь в угрупованні своїх військ і в угрупованні військ противника;  $x_i$  і  $P_i$  – кількість і бойовий потенціал озброєнь  $i$ -того типу;  $x_j$  і  $P_j$  – кількість і бойовий потенціал озброєнь  $j$ -того типу.

БП застосовують, як правило, для оперативних розрахунків, які не потребують досконального врахування зовнішніх факторів, і для визначення кількісно-якісного СС сторін. Його можна визначити завчасно, і він залишається досить стабільним [19].

Спектр аргументів на користь цього напрямку не менш широкий і переконливий [13, 5, 18]. Від визнання корисності, як інструмента наукових досліджень, особливо для оцінення загального СС, потрібного складу угруповань військ і прогнозування результатів операцій [8], до «потужного інструмента вирішення невизначеності під

час прийняття рішень» [15]. Істотним аргументом на користь цього підходу є визнання його міжнародними аналітичними центрами та використання в процедурі оцінювання СС на переговорах зі скорочення звичайних озброєнь у Європі.

Проте досить важливою є й думка опонентів з приводу того, що просте підсумовування БП суперечить основній властивості складної системи – її цілісності та залишає за рамками аналізу питання збалансованості озброєнь, а також створює можливість помилкового уявлення про перевагу тих чи інших угруповань [14, 17]. Для компенсації цього недоліку найчастіше пропонують використання не постійних БП і поправкових коефіцієнтів [15, 17], а «широкого набору БП для різних масштабів, форм і способів бойових дій» [14].

Практичне втілення такого підходу виражається в застосуванні (замість БП) «коефіцієнтів порівнянності», які визначають стосовно не єдиного еталона, а кожного типу озброєнь протидіючої сторони, які в цьому виді бою взаємодіють із розглядаємим бойовим засобом. Кожному їхньому виду в цьому випадку буде відповідати певна множина коефіцієнтів порівнянності, а БП угруповання стає залежним не тільки від власного кількісно-якісного складу, але й від кількості та якості озброєння другої сторони. Формула (2) у цьому випадку набуває такого вигляду:

$$C = \frac{P_c}{P_n} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{x_i \cdot l_i}{\sum_{j=0}^m x_j k_{ij}}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{x_j \cdot l_j}{\sum_{j=0}^m x_i k_{ji}}}}, \quad (3)$$

де  $l_i$  і  $l_j$  – коефіцієнти участі, що визначають відношення кількості бойових засобів, що брали участь у розглядуваному виді бою, до їхньої загальної кількості;  $k_{ij}$  – коефіцієнт порівнянності бойових засобів  $i$ -го типу своїх військ відносно конфронтуючих бойових засобів  $j$ -го типу;  $k_{ji}$  – коефіцієнт порівнянності бойових засобів  $j$ -го типу військ противника відносно своїх бойових засобів  $i$ -го типу.

Складність виразу (3), яку нібито виправдовує відбиття цілісності системи, позбав-

ляє метод його головних переваг – простоти та наочності [14]. Але багаторазово збільшена складність подання операції в результаті механічної декомпозиції, як видається, не може ототожнюватися з відтворенням її інтегративної якості. До вагомих недоліків подібної модернізації методу слід зарахувати й обумовлене складністю процедури обмеження точності розрахунків окремих аналогів БП використанням ММ тактичного рівня, що дає, як відомо [10], менш достовірні оцінки порівняно з моделлю стратегічної операції. А надто не переконливим є використання подібного підходу для побудови оптимізаційних ММ.

У той же час у [17] неправомочність оцінювання бойової можливості угруповання військ шляхом підсумовування БП різнорідних засобів, що входять у неї, називають «наряд чи об'єктивною, оскільки БП визначають на моделі великомасштабної операції, у якій ураховують взаємний вплив усіх сил і засобів обох сторін». І «їх підсумовування дозволяє з високою вірогідністю встановлювати бойові можливості військ у цілому».

Тематику БП почали активно обговорювати у відкритій пресі із середини 80-х років минулого сторіччя. За час, що минув, досить сильно змінилося уявлення як про сам потенціал, за допомогою якого оцінювали зразки ОВТ, так і про потенціал військових формувань (ВФ) і угруповань військ. Проте навіть через декілька десятиліть загально-го розуміння між видами та родами військ немає. Як у трактуванні понять, так і в методах визначення потенціалів зразків ОВТ і ВФ [20].

Серйозну спробу зближення в питаннях описання єдиного понятійного апарату, а також структури та змісту потенціалів різнорідних зразків ОВТ зробив Центр військово-стратегічних досліджень Генерального штабу (ЦВСД ГШ) ЗС РФ у 1991 р. на науково-методичному семінарі, на якому були присутні представники всіх науково-дослідних організацій (НДО) Міністерства оборони (МО). Але й вона не увінчалася успіхом.

Не привели до єдиної методології вирішення цієї складної науково-практичної проблеми і дослідження, що проводить в останні роки НДО МО з теми «Розроблення та реалізація методології створення автоматизованого розрахунково-інформаційного

комплексу визначення бойових потенціалів зразків ОВТ, ВФ і угруповань військ (сил) на стратегічних напрямках».

Неузгодженості починалися вже на етапі визначення поняття БП зразків озброєнь (яке повинно бути чітким, коротким і однозначним). Вони стосувалися також факторів впливу на результат операції:

- якості керування військами, забезпечення (бойового, матеріально-технічного тощо), рівня підготовленості особового складу;

- механізму перерахування (еквівалентування) еталонних зразків;

- порівнянності БП між різними представниками класів ОВТ (танка, літака, засобів ППО тощо);

- методів розрахування БП, а також доцільності ускладнень і меж спрощень при цьому.

Так, згідно із «загальноприйнятим трактуванням» [21] під бойовим потенціалом засобів ОВТ розуміють «кількісні узагальнені показники порівняльного впливу цих засобів на перебіг і результат бойових дій». У сучасному академічному формулюванні [20] – «інтегральний показник, що характеризує максимальну сукупність виконуваних зразком завдань за цільовим призначенням під час реалізації граничних тактико-технічних характеристик (ТТХ) за характерний час функціонування в усереднених (типових) розрахункових умовах». Тобто досить мало спільного. Те ж стосується і трактування БП ВФ, наведеного у Військовому енциклопедичному словнику.

Слід зазначити, що до кінця не погодженим під час розрахування СС угруповань сторін, що включають різні види та роди військ (сил), є визначення значень перехідних коефіцієнтів, за допомогою яких вирішують задачу еквівалентування різних видів ОВТ (танків, літаків, систем РСЗВ тощо) з метою подання значень їхнього БП у єдиних одиницях вимірювання. Тобто до єдиного розуміння і тут справа не дійшла.

Зокрема, у [17] ставиться під сумнів правомірність порівняння часткового внеску в результат бою різнохарактерних засобів боротьби з часткою еталонного засобу. Протилежне – в [11]: «однакова структурна побудова зразків озброєнь і ВФ дозволяє застосувати для розрахунків їхнього БП єдиний математичний апарат». При цьому

кожну розрахункову одиницю подано як єдину ієрархічну систему, що складається з функціонально зв'язаної сукупності підсистем вогневої міці, керування, рухомості та захищеності. Кожна з яких, у свою чергу, формується сукупністю визначальних параметрів. А БП подано як норму простору, побудованого на множині зв'язаних ортогональних векторів, що характеризують його властивості:

$$P_k = \sqrt{\left(\frac{A_1}{A_{1\max}}\right)^2 + \left(\frac{A_2}{A_{2\max}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{A_k}{A_{k\max}}\right)^2}, \quad (4)$$

де  $A_1, A_2, \dots, A_k$  – характеристики (параметри) 1, 2, ...,  $k$ -тої властивості об'єкта;  $A_{1\max}, A_{2\max}, \dots, A_{k\max}$  – максимальні характеристики 1, 2, ...,  $k$ -тої властивості об'єкта.

Теоретично таку задачу можна вирішити за допомогою перехідних коефіцієнтів, що визначають експертним шляхом, або безпосереднім визначенням БП зразка озброєння в єдиних показниках, а також за допомогою математичного моделювання операцій (бойових дій) різнорідних сил (засобів) і методу компенсації [20, 22].

До недоліків методу БП опоненти зараховують також його безвідносність до видів бойових дій [11, 14]. Але відбиття цього фактора в оцінюванні бойових можливостей сторін призводить до «істотних негативних наслідків» [17]. Оскільки воно потребує розбиття оцінки для різних видів і умов бойових дій з подальшим підсумовуванням отриманих складових у пропорціях, характерних для розгляданої операції. Проте виразити такі пропорції шляхом прогнозування перебігу операції досить складно. До того ж сукупний БП сторони-нападника або сторони-захисника, розрахований, як правило, для наступу на підготовлену оборону й оборони підготовлених позицій, може характеризувати їхні бойові можливості тільки для відзначених умов бойових дій.

Інший, більш доцільний, на наш погляд, підхід до компенсації цього недоліку вбачається в оцінюванні БП угруповань ЗС безвідносно до видів бойових дій і умов їх ведення, але з урахуванням їх через нормативи потрібного СС. Так само можна подати й інші слабко формалізовані фактори операції: ступінь підготовленості оборони,

характер місцевості, ефективність керування, забезпечення тощо.

Особливе місце в розгляданій полеміці приділено стабільності БП. З однієї точки зору «БП будь-якого виду озброєння – величина змінна, залежна не тільки від його тактико-технічних характеристик, але й від складу військ сторін, їхньої організаційної структури, характеру бойових дій, керування, забезпечення й інших факторів» [9, 14, 18]. З іншої – спроби відтворення в моделі відзначених факторів, як правило, призводили до складних методик, які не відповідали достатньою мірою необхідному змісту [17]. А тестування таких ММ давало негативні результати [5]. Певним аргументом на користь іншої точки зору, особливо вагомим у рамках розгляданого завдання, може бути відома залежність зниження впливу «випадкових елементів» (розвідки, керування тощо) на результат військової операції з підвищенням її масштабу [6].

Цілком виправдано як складові БП ВФ називають їхню технічну оснащеність, військову майстерність і моральний дух. Проте під час розрахування кількісно-якісного СС сторін, як правило, використовують тільки розрахункові дивізії або вогневі засоби, знайдені за сукупністю БП їхніх ОВТ. А військова майстерність і моральний дух залишаються в теоретичній площині. Стосовно ВФ таку вільність визнають «радіше справедливою». Як і стосовно СС (з допущенням максимуму військової майстерності та морального духу). Сумнівним при цьому видається, що формалізація останніх факторів дає більш точні результати, ніж із застосуванням застережених допущень.

Такий же хід міркувань застосовують і до «не менш важливої» складової БП – керування, а також до розвідки, зв'язку тощо. Неминучі локальні помилки таких уточнень безумовно зроблять вагомий внесок у кінцевий результат. «Те саме можна віднести і до насичення поняття БП факторами боєздатності, готовності до бою, придатності до застосування» [23].

Отже, у військовій науці за основу БП ВФ беруть можливості вогневих засобів, що до них належать. При цьому вважають, що бойові засоби реалізують свій потенціал, якщо ймовірність використання функцій керуван-

ня й розвідки прямує до одиниці, тобто «за реалізації граничних ТТХ» [24].

І разом з тим в умовах сучасних бойових дій, з одного боку, значно зростає значимість фактора керування, а з другого – тією самою мірою – вплив на нього сучасних засобів РЕБ, програмно-математичного впливу тощо. Ефект останніх сумірний із впливами бойових засобів [24]. Упровадження цих нових систем і засобів підвищує БП загальновійськової дивізії не менше, ніж удвічі.

Усе вищесказане обумовлює «формулу успіху» в сучасній війні такою ієрархією: завоюю спочатку панування в керуванні, потім у космосі й повітрі, а потім на землі й на морі».

З певними застереженнями до окремого напряму можна зарахувати метод оцінювання бойових можливостей угруповань ЗС за ударною силою, вогневою міццю і ступенем досягнення панування в повітрі [14]. Це, на думку авторів, більше відповідає характеру військових дій. Проте відхід від універсальної міри вимірювання, якою є БП, із внесенням у процедуру порівняння сил додаткових ускладнень, у тому числі пов'язаних з нормативами за запропонованими показниками [17], заради в цілому сумнівної переваги, напевно чи варто визнати виправданим.

Складно зарахувати до самостійних і підходи до розглядової процедури за допомогою «коефіцієнтів бойової порівняльності» або «бойових можливостей» [11] шляхом визначення завданого (відверненого) збитку тощо [10]. Вони, як правило, звужують можливості більш загального методу (БП) і є, порівняно з ним, кроком назад [12].

Важливе питання, що стосується обґрунтування бойового складу угруповання військ, порушує ЦВСД ГШ ЗС РФ у [25]. Він визнає недостатніми використовувати НДО МО ступінь урахування комплексного характеру застосування різнорідних сил і засобів, ролі й місця об'єднань і з'єднань видів (родів) військ у вирішенні оперативних завдань, керування та всебічного забезпечення їх виконання. У зв'язку з цим запропоновано методику обґрунтування оптимального бойового складу угруповань військ, яка дозволяє найбільшою мірою врахувати відзначений комплексний характер, а також військово-економічну доцільність застосування різнорідних сил і засобів в операціях різного



масштабу і визначити збалансовані склади угруповань військ за мінімальних витрат сил і засобів.

Запропоноване оптимізаційне завдання формулюють у такий спосіб: із безлічі можливих варіантів розв'язків – бойових складів угруповань військ – обрати той, який забезпечує виконання поставлених завдань з ефективністю, не нижче потрібної, за мінімальних витрат. Для вирішення такого завдання угруповання військ розглядають у вигляді бойової системи, що складається з пов'язаних загальними цілями й завданнями функціональних підсистем: ударної, керувальної (сили та засоби оперативного забезпечення), обслуговувальної (сили та засоби тилового й технічного забезпечення).

«Дослідження» починається з аналізу цілей функціонування ударної підсистеми й обґрунтування її бойового складу (мабуть, виходячи з бойового складу й оснащення противника). З огляду на отримані рішення визначають вимоги до інших підсистем, а виходячи з них – склад цих систем.

Перша дія в рамках пропонованого алгоритму – декомпозиція генеральної мети (мети функціонування бойової системи) до рівня елементарних завдань, виконуваних конкретними зразками ОВТ. Потім обирають критерії й обґрунтовують кількісно-якісні показники ефективності операції, де фігурують глибина проникнення в оборону, темп наступу та інші фактори імітаційного моделювання. Виходом алгоритму є обґрунтований бойовий склад військ (сил) ударної підсистеми.

При цьому визнають пряму можливість вирішення цього завдання методом БП.

Певним підсумком дискусії між прихильниками двох відзначених напрямів може стати таке узгоджувальне положення – ефективність застосування методу БП залежить від вирішення двох основних проблем: об'єктивної оцінки області допустимого використання ММ, побудованої на його базі, і коректного порівняння внеску різних типів (видів) озброєнь у результат бойових дій [18].

Орієнтовне рішення першої проблеми дало дослідження стійкості БП угруповань військ до варіації факторів, які його визначають, що позначило «границі коректного

застосування» методу стратегічним і фронтовим рівнем ММ [18]. Аналогічні рекомендації бачимо і в [10, 14].

Друга проблема, незважаючи на цілий ряд дотичних до розглянутих питань, утворює окремих, хоча й у певному розумінні підлеглий предмет дискусії.

Сучасний рівень вирішення подібного завдання в Україні можуть характеризувати роботи Дніпропетровської філії Національного інституту стратегічних досліджень, опубліковані в журналах «Наука й оборона» за 2000, 2001 і 2002 рр. Роботи присвячено оптимізації структури озброєнь ЗС України «під прицілом» скорочення надлишків ОВТ. Головною теоретичною новизною та перевагою запропонованої ММ є подання в моделі системної взаємодії озброєнь сторони-захисника з відповідними релевантними факторами інших озброєнь (замість їх адитивного подання).

Видається доцільним використання запропонованого підходу як базового.

За результатами дослідження було сформульовано основні висновки для обґрунтування підходу до вирішення поставленого завдання та вихідних положень до побудови моделі стратегічної операції.

### **Концепція побудови математичної моделі й апарату дослідження**

1. Складність об'єкта дослідження, з одного боку, і з другого боку – значимість вартісних факторів виключають підхід до вирішення поставленого завдання на основі тільки інтуїції (евристики) і здорового глузду. Як завдання організаційно-управлінського характеру, його потрібно вирішувати аналітичними методами в рамках теорії дослідження операцій, тобто в рамках аналізу цілеспрямованих дій і об'єктивної порівняльної оцінки можливих варіантів рішень.

2. Найбільш прийнятним поданням аналізованого рівня воєнної операції є аналітична модель.

3. Деталізація моделі повинна підпорядковуватися рівню поставленого завдання або рівню керівництва (керування), в інтересах якого її розробляють (за принципом зниження деталізації зі сходженням від нижчих ланок до вищих).

4. Основний принцип синтезу моделі повинен базуватися на усередненні широкого спектра умов бойових дій і припущенні, що різноманітні види озброєнь можуть бути порівнянні за внеском у кінцевий результат операції. Кожному з них може бути присвоєно відповідний ваговий коефіцієнт, для якого найбільш прийнятною є категорія БП. Вона забезпечує в прийнятному масштабі операції практично єдиний доступний шлях досліджень і можливість одержання практично придатних рішень.

5. Складність і неефективність відтворення в ММ прийнятого масштабу деяких якісних сторін операції й оперативних факторів визначає доцільність орієнтації під час її синтезування на максимальні потенційні можливості угруповань ЗС, що забезпечують доцільні засоби ведення бойових дій, відповідний рівень керування тощо.

6. Оскільки оптимальне рішення в цілому та за структурою озброєнь зокрема існує тільки в рамках певних умов, пошук його для системи ППО і ПРО передбачає необхідність задавати як ВД кількісно-якісний склад бойових засобів противника та вартісні обмеження власних засобів.

7. Початково закладені в категорію БП уявлення про лінійний характер процесу бойових дій зумовлюють доцільність використання в процесі дослідження лінійної моделі.

8. Цільову спрямованість ММ операції може бути підпорядковано критерію оборонної достатності, вираженому у вигляді кількісно-якісного СС протидіючих угруповань військ. Разом з тим відомий підхід до оцінювання СС з використанням методу БП має ряд істотних обмежень, у тому числі методологічного плану, і потребує розвитку як з погляду підвищення ступеню вірогідності одиничної оцінки, так і з погляду надання синтезованим ММ якості відбиття системності.

## Висновок

У статті визначено основні напрями розроблення методології побудови багатифункціональних бойових систем. Запропонована концепція їхньої побудови й апарату дослідження дозволить на наступних етапах робіт вирішити завдання створення ММ багато-

функціональної бойової системи з можливістю одержання оптимального за критерієм «ефективність-вартість» рішення.

## Список використаної літератури

1. Коршунов Ю. М. Математические основы кибернетики. М., 1972. 376 с.
2. Павловский Р. И., Карякин В. В. Об опыте применения математических моделей. Военная мысль. 1982. № 3. С. 54–57.
3. Катасонов Ю. В. США: военное программирование. М., 1972. 228 с.
4. Анализ опыта министерства обороны США по совершенствованию системы планирования и управления разработками вооружения. ЦИВТИ, отчет № 11152 по НИР. М., 1967.
5. Соколов А. Развитие математического моделирования боевых действий в армии США. Зарубежное военное обозрение. 1980. № 8. С. 27–34.
6. Чуев Ю. В. Исследование операций в военном деле. М., 1970. 256 с.
7. Евстигнеев В. Н. К вопросу методологии математического моделирования операции. Военная мысль. 1987. № 17. С. 33–41.
8. Фендриков Н. И., Яковлев В. И. Методы расчетов боевой эффективности вооружения. М., 1971. 224 с.
9. Неупокоев Ф. О подходе к оценке боевых возможностей и боевой эффективности войск. Военная мысль. 1973. № 11. С. 70–72.
10. Агеев Ю. Д., Гераскин А. П. К вопросу о повышении достоверности оценки соотношения сил противоборствующих сторон. Военная мысль. 1978. № 4. С. 54–58.
11. Алешкин А. В. Оценка и соизмерение сил воюющих сторон с учётом качества средств поражения. Военная мысль. 1975. № 10. С. 69–76.
12. Пономарёв О. К. О методах количественной и качественной оценки сил сторон. Военная мысль. 1976. № 4. С. 41–46.
13. Лузянин В. П., Елизаров В. С. Подход к определению состава группировки сил и средств оборонной достаточности. Военная мысль. 1992. № 11. С. 25–29.
14. Спешиллов Л. Я., Павловский Р. И., Кабыш А. И. К вопросу о количественно-качественной оценке соотношения сил разнородных группировок войск. Военная мысль. 1981. № 5.

15. Стрельченко Б. И., Иванов В. А. Некоторые вопросы оценки соотношения сил и средств в операции. *Военная мысль*. 1987. № 10. С. 55–61.

16. Морозов Н. А. О методологии качественного анализа больших военных систем. *Военная мысль*. 2004. № 7. С. 19–22.

17. Терехов А. Г. О методике расчета соотношения сил в операциях. *Военная мысль*. 1987. № 9. С. 51–57.

18. Цыгичко В. А., Стокли Ф. Метод боевых потенциалов. История и настоящее. *Военная мысль*. 1997. № 4. С. 23–28.

19. Бонин А. С. Основные положения методических подходов к оценке боевых потенциалов и боевых возможностей авиационных формирований. *Военная мысль*. 2008. № 1. С. 43–47.

20. Бонин А. С., Горчица Г. И. О боевых потенциалах образцов ВВТ, формирований

и соотношениях сил группировок сторон. *Военная мысль*. 2010. № 4. С. 61–67.

21. Серегин Г. Г., Стрелков С. Н., Бобров В. М. Об одном подходе к расчету значений боевых потенциалов перспективных средств вооружений. *Военная мысль*. 2005. № 10. С. 32–38.

22. Морозов Н. А. Еще раз о боевых потенциалах. *Военная мысль*. 2010. № 9. С. 75–79.

23. Нарышкин В. Г. О показателях боевого потенциала воинских формирований. *Военная мысль*. 2009. № 1. С. 68–72.

24. Костин Н. А. Методологический подход к определению боевых потенциалов войсковых формирований. *Военная мысль*. 2017. № 10. С. 44–48.

25. Останков В. И. Обоснование боевого состава группировок войск (сил). *Военная мысль*. 2003. № 1. С. 23–28.

Стаття надійшла 16.11.2020