

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЗБРОЇ КОРАБЛЯМИ (КАТЕРАМИ) ВМС ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ НА ЕТАПІ ПРИЙНЯТТЯ ТАКТИЧНОГО РІШЕННЯ НА ВЕДЕННЯ МОРСЬКОГО БОЮ

Рудь П. Г.

*начальник кафедри тактики (Військово-Морських Сил)
Інституту Військово-Морських Сил
Національного університету «Одеська морська академія»
ORCID ID: 0009-0001-1746-9556*

Харитонов О. Л.

*кандидат військових наук,
доцент кафедри тактики (ВМС)
Інституту Військово-Морських Сил
Національного університету «Одеська морська академія»
ORCID ID: 0000-0002-7285-8001*

Завгородній Д. С.

*кандидат педагогічних наук, доцент кафедри тактики (ВМС)
Інституту Військово-Морських Сил
Національного університету «Одеська морська академія»
ORCID ID: 0000-0003-3244-9163*

Кубицький Р. О.

*старший викладач кафедри кораблеводіння та штурманського озброєння
Інституту Військово-Морських Сил
Національного університету «Одеська морська академія»
ORCID ID: 0009-0007-9077-6185*

Некрасов О. В.

*курсант
Інституту Військово-Морських Сил
Національного університету «Одеська морська академія»
ORCID ID: 0000-0002-5255-449X*

У статті розглянуто проблему оцінки ефективності прийняття тактичного рішення на ведення морського бою. Представлено дослідження математичних моделей на основі методу дослідження операцій, описано критерії ефективності та етапи їх побудови.

Визначено сутність математичного моделювання морського бою. Запропоновано методику побудови математичної моделі процесу бойового застосування зброї кораблями (катерами) бойового застосування корабельної зброї. Сформовано модель визначення оптимальної кількості сил і засобів (наряду сил) із метою знищення противника з визначеною ефективністю з урахуванням його протидії, а також модель визначення необхідного рубежу виявлення морського противника з метою його знищення на максимальній відстані в межах тактико-технічних характеристик своїх засобів ураження.

Розглянуто етапи математичного моделювання процесу та їх зміст:

постановка завдання, тобто прийняття рішення про необхідність моделювання та його мету;

побудова математичної моделі;

дослідження системи на моделі, прогнозування та управління оригіналом за результатами цих досліджень.

Розглянуто послідовність побудови математичної моделі та види робіт, які виконуються під час будови математичної моделі: оцінка впливу елементів за різних варіантів рішень; згрупування взаємопов'язаних елементів із метою спрощення моделі; визначення характеру впливу елементів на систему (постійний або змінний); закріплення символів за кожним елементом та складання рівняння.

Для змінних елементів установлюються піделементи системи, що впливають на їх величину.

Побудову математичної моделі, тобто вивчення явища за допомогою математичної моделі, можна умовно розбити на чотири етапи: етап змістовного опису; етап формалізації опису; етап остаточної побудови моделі (ідентифікації параметрів і перевірки адекватності моделі); етап перегляду й удосконалення моделі за результатами узагальнення емпірично накопичених даних.

Розглянуто основні чинники, які необхідно враховувати під час моделювання підготовки та ведення морського бою та їх зміст: оцінка морського противника, бойові можливості кораблів, тактичні характеристики району ведення бойових дій, кліматичні умови, розрахунковий час на підготовку для ведення бою.

Розглянуто етапи моделювання підготовки та ведення морського бою та їх зміст.

Розглянуто врахування бойової стійкості кораблів (катерів) ВМС Збройних сил України під час моделювання процесу бойового застосування зброї на етапі прийняття тактичного рішення на ведення морського бою.

Ключові слова: математична модель, критерій ефективності, метод досліджень операцій, морській бій, корабель.

Rud P. H., Kharytonov O. L., Zavorodni D. S., Kubitskyi R. O., Nekrasov O. V. SIMULATION OF THE PROCESS OF COMBAT USE OF WEAPONS BY SHIPS (BOATS) OF THE NAVY OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE AT THE STAGE OF MAKING A TACTICAL DECISION TO CONDUCT A NAVAL BATTLE

The article discusses the problem of assessing the effectiveness of making a tactical decision on the conduct of a naval battle. The study of mathematical models based on the method of operations research is presented, the criteria of efficiency and the stages of their construction are described.

The essence of mathematical modeling of naval combat is defined. A method of constructing a mathematical model of the process of combat use of weapons by ships (boats) of combat use of ship weapons is proposed. A model for determining the optimal number of forces and means (order of forces) for the purpose of destroying the enemy with a certain efficiency, taking into account his counteraction, as well as a model for determining the necessary line for detecting a naval enemy in order to destroy it at the maximum distance within the tactical and technical characteristics of its means of destruction, has been formed.

To consider the stages of mathematical modeling of the process and their content:

statement of the problem, i.e. making a decision on the need for modeling and its purpose;

building a mathematical model;

study of the system on the model, forecasting and control of the original based on the results of these studies.

The sequence of constructing a mathematical model and the types of work that are performed in the construction of a mathematical model are considered: assessment of the influence of elements in different solutions; grouping interrelated elements in order to simplify the model; determination of the nature of the influence of elements on the system (constant or variable); assigning symbols to each element and compiling an equation.

For variable elements, sub-elements of the system are set that affect their majesty;

The construction of a mathematical model, that is, the study of a phenomenon with the help of a mathematical model, can be divided into four stages: the stage of meaningful description; the stage of formalization of the description; the stage of final construction of the model (identification of parameters and verification of the adequacy of the model); Stage of revision and improvement of the model based on the results of generalization of empirically accumulated data.

To consider the main factors that need to be taken into account when modulating the training and conduct of naval combat and their content: assessment of the naval enemy, combat capabilities of ships, tactical characteristics of the combat area, climatic conditions, estimated time for preparation for combat.

To consider the stages of modeling the preparation and conduct of naval combat and their content.

The consideration of the combat stability of ships (boats) of the Navy of the Armed Forces of Ukraine when modeling the process of combat use of weapons at the stage of making a tactical decision on the conduct of sea combat is considered.

Key words: battle, ship mathematical model, efficiency criterion, operations research method, naval.

Актуальність проблеми. Із метою якісної підготовки та ефективного ведення морського бою кораблями та катерами (далі – кораблями) ВМС Збройних сил України з імовірним противником у Чорному та Азовському морях на етапі завчасної підготовки бойових дій (прийняття тактичного рішення) необхідно засто-

совувати моделювання процесу бойового застосування ними зброї з метою визначення оптимальних способів ведення морського бою та скорочення часу до його підготовки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для обґрунтування тактичного рішення на бойове застосування зброї кораблями ВМС

Збройних сил України раціонально використовувати математичні моделі. Математична модель – це наближений опис довільного класу явищ зовнішнього світу, поданий за допомогою математичної символіки [1; 2].

Аналіз наукових публікацій та літератури показує, що математичне моделювання бойових дій широко застосовується у військовій сфері на етапі планування бойових дій. Наприклад, багато моделей створено у Харківському національному університеті Повітряних Сил ЗС України ім. Івана Кожедуба, які дають змогу приймати оптимальні рішення на ведення протиповітряного бою.

Мета дослідження. Запропонувати методику побудови математичної моделі процесу бойового застосування зброї кораблями (катерами) бойового застосування корабельної зброї; побудувати математичні моделі вирішення поставлених задач у ході прийняття рішення на ведення морського бою.

Виклад основного матеріалу.

1. Основи математичного моделювання бойових дій

Розглянемо теоретичні основи дослідження операцій та математичного моделювання бойових дій.

Моделювання бойових дій – метод пізнання їх закономірностей.

Мета моделювання – виділення властивостей і закономірностей явища, яке досліджується, зокрема бойових дій на морі.

Дослідження операцій – сфера отримання кількісних результатів та вироблення рекомендацій для прийняття рішень.

Під час дослідження операцій застосовуються різні розділи математики. Особливо широко застосовується теорія ймовірностей. Однак низка завдань вимагає розроблення нових математичних методів. Такі методи називаються методами дослідження операцій. Основними з них є: теорія масового обслуговування, теорія ігор, теорія пошуку, математичне програмування, метод статистичних випробувань та ін.

Математична модель бойових дій у загальному вигляді зображується так [3]:

$$W = f(x_i, y_j), \quad (1)$$

де W – критерій ефективності;

x_i – змінні, що управляються ($i= 1, 2, 3, \dots, n$);

y_j – змінні, що не управляються ($j= 1, 2, 3, \dots, m$).

Критерій ефективності – чисельний показник ступеня досягнення цілі бойових дій, що очікуються (цільова функція). Він дає змогу виразити очікувану ефективність бойових дій, що плануються, точними кількісними показниками.

За критерієм ефективності можна судити про дійсність того або іншого способу виконання бойового завдання, вибирати з них найкращий. Він дає змогу прогнозувати результат, визначати наряд сил і засобів, вирішувати інші важливі завдання.

Результати бойових дій проявляються як випадкові події, тому критерієм їх ефективності зазвичай є ймовірнісні показники, насамперед імовірність події та її математичне очікування. При цьому якщо розрахунки показують, що подія досягає (або перевершує) порогове значення, то поява очікуваної події вважається достовірною. У тактичних розрахунках за порогове значення ймовірності появи події зазвичай приймається її значення, рівне 0,8 (в окремих випадках більше).

Другий ймовірнісний показник – математичне очікування застосовується як міра оцінки очікуваної шкоди, яка може бути нанесена противнику (наприклад, очікувана кількість знищених кораблів противника), або як міра очікуваного запобігання шкоди противником своїм силам.

Критерієм ефективності можуть вибиратися різні показники. Це можуть бути показники часу (наприклад, час переходу корабля у готовність до бойових дій), показники дальності (наприклад, дальність польоту ракети, яка виражається у кілометрах), показники вартості та ін.

Розглянемо основи моделювання для обґрунтування тактичного рішення на бойове застосування зброї кораблями ВМС Збройних сил України.

Математичне моделювання проходить такі етапи [4]:

– постановка завдання, тобто прийняття рішення про необхідність моделювання та його мету;

– побудова математичної моделі;

– дослідження системи на моделі, прогнозування та управління оригіналом за результатами цих досліджень.

На етапі постановки завдання слід чітко визначити та сформулювати мету дослідження. Із мети дослідження випливатиме сукупність властивостей об'єкта моделювання, які підлягатимуть відбиттю у моделі.

Під час постановки завдання виявляються закономірності процесу в теоретичному і практичному планах, його структура, умови і чинники формування [5].

Побудова математичної моделі передбачає виконання низки видів робіт:

– оцінка впливу елементів за різних варіантів рішень;

– згрупування взаємопов'язаних елементів із метою спрощення моделі;

– визначення характеру впливу елементів на систему (постійний або змінний). Для змінних елементів установлюються під-елементи системи, що впливають на їхню величину;

– закріплення символів за кожним елементом та складання рівняння.

Побудову математичної моделі, тобто вивчення явища за допомогою математичної моделі, можна умовно розбити на чотири етапи (рис. 1): етап змістовного опису; етап формалізації опису; етап остаточної побудови моделі (ідентифікації параметрів і перевірки адекватності моделі); етап перегляду й удоско-

налення моделі за результатами узагальнення емпірично накопичених даних [6].

2. Сутність моделювання процесу бойового застосування зброї кораблями ВМС Збройних сил України на етапі прийняття тактичного рішення на ведення морського бою

Моделювання як метод дослідження сприяє проникненню у суть підготовки та ведення морського бою кораблями, виявленню кількісних оцінок його ефективності. Для моделювання морського бою кораблями використовуються фізичний (натурний), уявний (знаковий) і комбінований методи моделювання [6].

Сутність фізичного (натурного) моделювання полягає у тому, що воно відтворює підготовку та ведення морського бою кораблями зі зберіганням (або імітацією) основних боків його фізичної природи.

До основних боків повинні належати такі чинники:

1. Оцінка морського противника.

2. Бойові можливості кораблів.

3. Тактичні характеристики району ведення бойових дій.

4. Кліматичні умови.

5. Розрахунковий час на підготовку для ведення бою.

Оцінка морського противника повинна включати:

– час підходу морського противника до ймовірного району ведення бойових дій;

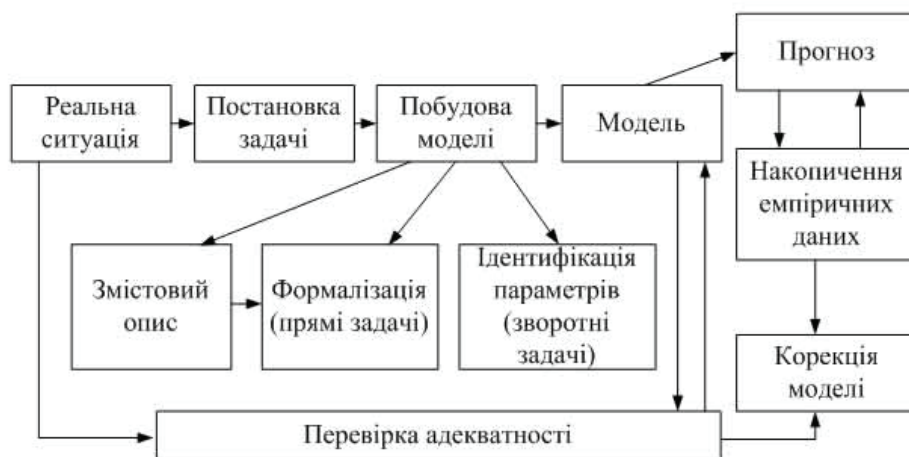


Рис. 1. Алгоритм побудови математичної моделі

– можливості засобів розвідки противника щодо виявлення та розпізнавання кораблів ВМС Збройних сил України під час переходу в район ведення бойових дій;

– можливість засобів розвідки противника щодо передачі інформації про виявлені кораблі на вогневі засоби у реальному масштабі часу;

– можливість повітряних ударних засобів противника щодо нанесення ракетного або бомбового удару по кораблях;

– можливості наземних засобів противника щодо нанесення ракетного або артилерійського удару по кораблях у межах зони досяжності.

Під час вироблення рішення на бойове застосування зброї виникає необхідність у вирішенні багатьох питань, у тому числі оцінювати бойові можливості сил та засобів, визначати їх потрібний наряд для здійснення ефективної стрільби кораблями (катерами) ВМС Збройних сил України по противнику, вибирати раціональні способи атаки, визначати дистанцію стрільби, розподіляти об'єкти вогневого впливу між носіями, визначати склад залпів і порядок їх проведення, вирішувати інші питання.

На етапі підготовки дій під час прийняття рішення командиром на бойові дії завжди виникає завдання планування потрібного наряду сил та засобів для здійснення ефективної стрільби кораблями (катерами) ВМС Збройних сил України по противнику.

Від своєчасного та вірного розрахунку цього наряду залежать ефективність бойових дій, результат виконання бойового завдання.

Це завдання може бути вирішено так. За заданої ефективності стрільби розраховується необхідний наряд сил та засобів, які повинні забезпечити цю ефективність.

Комбіноване моделювання є сполученням фізичного та уявного, за якого перевіряються лише окремі елементи явища, процесу.

Різновидом уявних моделей є математична модель, під якою розуміється система математичних залежностей і логічних правил, що дає змогу з достатньою повнотою й у певному взаємозв'язку описати фізичні та інформаційні процеси, які властиві морському бою, і визначити необхідні вихідні величини за відомими вхідними даними.

Розглянемо основні етапи моделювання бойових дій.

Постановка завдання.

Цей етап є першим етапом моделювання і здійснюється з метою визначення:

– порядку моделювання;

– строків моделювання;

– мети та завдання моделювання;

– вимог до результатів моделювання;

– ступеню деталізації моделювання;

– у якому вигляді отримати результати моделювання.

Розглянемо порядок формулювання замислу та визначення варіантів ведення морського бою, які слід моделювати.

Замисел морського бою – це головна ідея ведення морського бою, яка визначає спосіб виконання поставленого бойового завдання, основна змістовна частина та суть рішення на ведення бойових дій.

Як правило, у замислі маневру визначаються:

– склад сил та засобів, які застосовуються для ведення бойових дій;

– головні та запасні маршрути переходу в район ведення бойових дій;

– способи ведення морського бою з противником;

– час готовності до ведення бойових дій на бойових позиціях.

Розглянемо порядок вибору та підготовки вихідних даних та матеріалів для моделювання.

Вибір і підготовка вихідних даних та матеріалів проводяться з метою вибору, підготовки та вводу їх у ПЕОМ для врахування максимальної кількості чинників та умов на кінцеві результати моделювання.

До основних вихідних даних, які будуть визначати результат моделювання, належать такі:

– склад корабельної ударної або тактичної групи (КУГ, ТГ), які повинні вести бойові дії з противником;

– час підходу противника до району ведення бойових дій;

– розрахунковий час початку переходу в район ведення бойових дій;

– час доби, коли буде здійснюватися вогневий вплив на противника;

– координати нового позиційного району (бойової позиції);

– метеорологічні умови (наявність дощу або снігу, температура повітря, напрямок та швидкість вітру, вологість повітря);

– фізико-географічний опис майбутніх районів бойових дій.

Розглянемо методику побудови моделі процесу бойового застосування зброї кораблями (катерами) ВМС Збройних сил України на етапі прийняття тактичного рішення на ведення морського бою (розроблення алгоритму, введення даних у ПЕОМ).

У цей час здійснюється розроблення алгоритму та порядку оперативного введення даних у ПЕОМ.

Визначення припустимих значень параметрів бойового застосування зброї кораблями (катерами) здійснюється на основі аналізу та оцінки тактичної обстановки з метою приближення процесу моделювання до реальної обстановки застосування морської зброї.

Під час аналізу тактичної обстановки перш за все необхідно звернути увагу на:

– можливості засобів розвідки противника щодо виявлення та розпізнавання кораблів та їхніх груп;

– можливості ударних засобів противника щодо знищення кораблів;

– тактичні характеристики кораблів;

– метеорологічні умови;

– фізико-географічний опис майбутніх районів ведення бойових дій;

– інфраструктуру майбутніх районів ведення бойових дій.

Аналіз і оцінка здобутих результатів здійснюються з метою визначення допустимих (раціональних) варіантів бойових дій, які дадуть змогу виконати поставлене бойове завдання.

Із числа вибраних раціональних варіантів бою визначається найкращий варіант, який розглядається як оптимальний.

Етап формування тактичних висновків і вибір варіанту застосування зброї бою завершує моделювання.

На ньому здійснюється остаточний вибір варіанту застосування зброї, та формуються тактичні висновки, які повинні стати основою рішення командира на ведення морського бою.

Таким чином, математичне моделювання застосування зброї кораблями (катерами) ВМС Збройних сил України необхідне для обґрунтування тактичного рішення з метою якісної підготовки до виконання бойового завдання та скорочення етапу планування бойових дій.

Розглянемо найбільш характерні бойові завдання, які, на нашу думку, можна найбільш ефективно вирішити за допомогою математичного моделювання.

Обов'язковим етапом планування бойових дій є визначення необхідного наряду сил і засобів для виконання бойового завдання. При цьому необхідно обов'язково враховувати протидію противника, тобто бойову стійкість своїх сил.

Тобто розрахунок наряду сил для виконання бойового завдання з урахуванням бойової стійкості своїх сил є важливим завданням, яке можна вирішувати за допомогою математичного моделювання.

При цьому найбільш характерними варіантами моделювання процесу бойового застосування зброї кораблями (катерами) можуть бути такі:

- розрахунок кількості ПКР для удару по КУГ, ДесЗ, кораблях противника;

- розрахунок кількості торпед для знищення підводних човнів противника.

У загальному вигляді необхідна кількість засобів ураження може бути розрахована за формулою [7; 8]:

$$n = [\lg(Q_n - W_{\text{зад}}) - \lg Q_n] / \lg(1 - Q_{\text{оп}} P_1 / S) \quad (2)$$

Звідси неважко розрахувати кількість носіїв засобів ураження N:

$$N = n/n^1, \quad (3)$$

де n^1 – кількість боезапасу на одному носії (кораблі).

Тому необхідну кількість носіїв можна розрахувати за формулою:

$$N = \lg(1 - W_{\text{зад}}) / \lg\{1 - Q_n[1 - (1 - Q_{\text{оп}} P_1 / S)^{n^1}]\} \quad (4)$$

При цьому з метою своєчасного відкриття вогню по корабельних силах противника необхідно розрахувати допустиму (необхідну) глибину спостереження.

Необхідна глибина спостереження в інтересах своєчасного відкриття вогню по корабель-

них силах противника вогневими засобами кораблів визначається за формулою:

$$D_0^6 = d_k^{сгп} + (t_{кв} + t_p + t_{6r} + t_{цв} + \tau)V_{пр}, \quad (5)$$

де $d_k^{сгп}$ – ефективна дальність стрільби вогневих засобів кораблів по корабельних силах противника;

$t_{кв}$ – час оповіщення про виявлені корабельні сили противника;

t_p – час прийняття рішення;

t_{6r} – час приведення вогневих засобів кораблів у бойову готовність № 1;

$t_{цв}$ – час прийому цілевказівки;

τ – час польоту ракети (снаряду) до цілі;

$V_{пр}$ – швидкість руху корабельних сил противника.

3. Урахування бойової стійкості кораблів (катерів) ВМС Збройних сил України під час моделювання процесу бойового застосування зброї на етапі прийняття тактичного рішення на ведення морського бою

Аналіз останніх локальних війн і військових конфліктів показує, що збройні сили провідних держав світу мають у своєму складі засоби космічної та повітряної розвідки, які спроможні з високою точністю виявляти будь-які стаціонарні та мобільні об'єкти противника і передавати по них цілевказівку на вогневі засоби в реальному часі.

Імовірність виявлення своїх сил, очевидно, залежить від демаскуючих ознак самих кораблів (катерів) та їх ордерів.

Демаскуючі ознаки – це властивості та якості, які притаманні кораблям (катерам), за якими здійснюється їх виявлення.

Аналіз демаскуючих ознак щодо виявлення кораблів (катерів) дає змогу визначити шляхи їх зменшення з метою ймовірності їх виявлення.

До демаскуючих ознак кораблів (катерів) різних класів та їх ордерів належать такі:

- характерна побудова кораблів (катерів);
- характерна кількість елементів надводної частини корабля (катера);
- характерні контури кораблів (катерів) різного класу;
- характерні розміри кораблів (катерів) різного класу;
- характерне розміщення елементів надводної частини корабля (катера) різного класу;

– характерний колір кораблів (катерів), якщо він відрізняється від місцевості;

– ознаки діяльності: електромагнітне та інфрачервоне випромінювання, характерні звуки, спалахи вогню, дим та ін.;

– характерний склад ордерів кораблів (катерів) та їх розміщення у ньому, характерні відстані між кораблями (катерами);

– характерна швидкість руху кораблів (катерів) на переході морем.

Імовірність виявлення кораблів (катерів) $P_{виявл}$ залежить від низки чинників, основними з яких є:

час ведення розвідки \hat{j} -м засобом розвідки – $t_{розв\hat{j}}$;

щільність розвідувальних ознак (демаскуючих чинників) кораблів (катерів) \hat{j} -му засобу розвідки (кількість ознак за одиницю часу) – $\mu_{\hat{j}}$;

середньостатистична ймовірність виявлення розвідувальних ознак \hat{j} -м засобом розвідки – $P_{в\hat{j}}$.

За основу розрахунку ймовірності виявлення кораблів (катерів) розвідкою противника може бути використана загальноприйнята теорія пошуку об'єктів.

У цьому разі ймовірність виявлення кораблів (катерів) у пунктах базування та під час переходу морем $P_{виявл}$ може визначитися за формулою [7; 8]:

$$P_{виявл} = \exp\left(-\sum_j \mu_j t_{розв\hat{j}} P_{в\hat{j}}\right) \quad (6)$$

Із метою уведення противника в оману, забезпечення високої бойовій стійкості кораблів можуть бути застосовані оманні кораблі. При цьому очевидно, що ймовірність прийняття k -ого оманного корабля за справжній залежить від її правдоподібності – γ_k , тому можна записати [7]:

$$P_{виявл} = \frac{\exp\left(-\sum_j \mu_j t_{розв\hat{j}} P_{д\hat{j}}\right)}{1 + \gamma_k}, \quad (7)$$

де k – кількість оманних кораблів для одного істинного.

Значення γ_k може змінюватися від 0 до 1 (при $\gamma_k = 1$ оманний корабель повністю відповідає істинному кораблю).

Час ведення повітряної або космічної розвідки залежить від часу знаходження носія розвідки у районі базування кораблів або переходу морем та від технічних характеристик засобу розвідки.

Наприклад, час ведення космічної радіолокаційної розвідки кораблів розвідувальним супутником серії «Лакрос», який знаходиться на геостаціонарній орбіті, рівний часу знаходження супутника на орбіті.

Щільність розвідувальних ознак (демаскуючих чинників) кораблів залежить від кількості їхніх розвідувальних ознак (демаскуючих чинників), які можуть бути проявлені за певний час розвідки.

Для кораблів щільність цих ознак достатньо велика, тому що вони мають залежно від проекту характерні конфігурацію, побудову, розміри, кількість надводних елементів, ознаки діяльності, види ордерів та швидкість на переході морем.

За даних умов та за існуючих характеристик сучасних та перспективних засобів космічної й повітряної розвідки провідних держав світу скрити кораблі в пунктах базування та на переході їх морем у складі ордерів сьогодні та й у найближчій перспективі практично неможливо.

Тому для зменшення ймовірності виявлення кораблів $P_{\text{виявл}}$ необхідно мати багато оманних правдоподібних кораблів. Для цього необхідні великі фінансові та матеріальні витрати, що сьогодні та в найближчій перспективі в умовах ресурсних обмежень держави стає дуже проблематичним.

Інакше ймовірність виявлення кораблів існуючими та перспективними засобами розвідки в пунктах базування та під час переходу їх морем стає близько до 1.

Але бойова стійкість кораблів залежить не лише від їх виявлення. Очевидно, вона залежить також і від імовірності ураження зброєю противника $P_{\text{ураж}}$ (наприклад, імовірності ураження корабля однієї протикорабельною ракетою).

Тому, припускаючи, що виявлення кораблів (катерів) та нанесення по них ударів засобами ураження є незалежними подіями, можна ввести поняття коефіцієнта бойовій стійкості, який можна розрахувати за формулою:

$$K_{\text{бс}} = P_{\text{виявл}} \cdot P_{\text{ураж}} \quad (8)$$

Під час проведення розрахунків бойових можливостей своїх сил на етапі планування цей коефіцієнт необхідно враховувати в існую-

чих методиках розрахунку бойових можливостей на етапі моделювання бойових дій.

Таким чином, розрахунок наряду сил для виконання бойового завдання з урахуванням бойовій стійкості своїх сил можна розраховувати за формулою [7; 8]:

$$n = [\lg(Q_{\text{н}} - W_{\text{зад}}) - \lg Q_{\text{н}}] / \lg(1 - Q_{\text{оп}} P_1 / S) K_{\text{бс}} \quad (9)$$

Необхідну кількість носіїв засобів ураження з урахуванням бойовій стійкості своїх сил можна розрахувати за формулою:

$$N = \lg(1 - W_{\text{зад}}) / \lg\{1 - Q_{\text{н}}[1 - (1 - Q_{\text{оп}} P_1 / S)^n]\} K_{\text{бс}} \quad (10)$$

Висновки і перспективи подальших досліджень. Математичне моделювання на ЕОМ дає змогу врахувати значну кількість чинників, що впливають на ведення морського бою, та швидко розглянути значну кількість варіантів його ведення з метою визначення оптимального.

Моделювання процесу бойового застосування зброї кораблями ВМС Збройних сил України на етапі прийняття тактичного рішення на ведення морського бою дає змогу своєчасно й ефективно провести етап планування морського бою, вибрати оптимальний варіант його ведення з метою безумовного виконання поставленого бойового завдання щодо надання відсічі будь-якому агресору в Чорному та Азовському морях.

Авторами розроблено математичні моделі процесу бойового застосування зброї кораблями (катерами) ВМС Збройних сил України на етапі прийняття тактичного рішення на ведення морського бою, а саме модель визначення оптимальної кількості сил і засобів (наряду сил) із метою знищення противника з визначеною ефективністю з урахуванням його протидії, а також модель визначення необхідного рубежу виявлення морського противника з метою його знищення на максимальній відстані в межах тактико-технічних характеристик своїх засобів ураження.

Розроблені моделі допоможуть командирам і штабам приймати оптимальне тактичне рішення на ведення морського бою та скоротити час планування бойових дій кораблями (катерами) ВМС Збройних сил України.

Література:

1. Стеценко І.В. Моделювання систем : навчальний посібник. Черкаси : ЧДТУ, 2010. 399 с.
2. Томашевський В.М. Моделювання систем : навчальний посібник. Київ : Видавнича група BHV, 2005. 352 с.
3. Вашків П.Г., Пастер П.І., Сторожук В.П., Ткач Є.І. Теорія статистики : навчальний посібник. Київ : Либідь, 2001. 320 с.
4. Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів : підручник. Київ : Либідь, 2000. 270 с.
5. Тимченко А.А. Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки : навчальний посібник. Київ : Либідь, 2004. 288 с.
6. Ямпольський Л.С., Лавров О.А. Штучний інтелект у плануванні та управлінні виробництвом : підручник. Київ : Вища школа, 1995. 254 с.
7. Єрмошин М.О., Федай В.М. Боротьба в повітрі : монографія. Харків : ХВУ, 2004. 381 с.
8. Ємельянов Л.А. Тактика Військово-Морського флоту : підручник. Київ : Військове видавництво, 1985. 132 с.

References:

1. Stetsenko, I.V. (2010). *Modeluvannia system [Systems Modeling]*. Cherkasy: ChDTU [in Ukrainian].
2. Tomashevskiy, V.M. (2005). *Modeluvannia system [Systems Modeling]*. Kyiv: BHV Publishing Group [in Ukrainian].
3. Vashkiv, P.G., Pasteur, P.I., Storozhuk, V.P., Tkach, E.I. (2000). *Teoria Statystyky [Theory of statistics]*. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
4. Tymchenko, A.A. (2000). *Osnovy systemnogo proektuvannia ta systemnogo analithu skladnyh ob'ektiv [Fundamentals of system design and system analysis of complex objects]*. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
5. Tymchenko, A.A. (2004). *Osnovy systemnogo pidhodu ta analithu ob'ektiv novoi tehniky [Fundamentals of System Approach and System Analysis of New Equipment Objects]*. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
6. Yampolsky, L.S., Lavrov, O.A. (1995). *Shtuchnyi intelekt ou planouvanni ta oupravlinni vyrobnyctvom [Artificial Intelligence in Production Planning and Management]* Kyiv: Vysha Shkola [in Ukrainian].
7. Yermoshin, M.O., Fedai, V.M. (2004). *Borotba ou povitri [Fighting in the air]*. Kharkiv: KhVU [in Ukrainian].
8. Yemelianov, L.A. (1985). *Taktyka viiskovo-morskoho flotu [Tactics of the Navy]*. Viiskove vydavnytsvo [in Ukrainian].