

Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко, І.В. Рубан,
В.Г. Малюга, А.В. Тристан

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ
ФОРМУВАННЯ ТА ДЕГРАДАЦІЇ СКЛАДНИХ
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

Монографія

Харків
2018

УДК .40::35.078.4]]
ББК Ц64,5(4Укр)0-22
Т77

*Рекомендовано до друку вченою радою Харківського національного університету
радіоелектроніки (протокол № 2 від 25.06.2018)*

Рецензенти: С.П. Ярош, доктор військових наук, професор;
Г.А. Дробаха, доктор військових наук, професор.

Т77 **Теоретичні** основи формування та деградації складних організаційно-технічних систем : монографія / Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко, І.В. Рубан, В.Г. Малюга, А.В. Тристан. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 162 с.

ISBN 978-617-7722-15-0

У монографії визначено теоретичні основи формування та деградації складних систем. Теоретичний матеріал супроводжується результатами практичних досліджень. Об'єктом вивчення у монографії є складні організаційно-технічні системи. Математичним підґрунтям дослідження процесів синтезу та деградації складних організаційно-технічних систем стали теорія графів, теорія фракталів, алгебра топологій, теорія ймовірності, методи математичного моделювання.

Монографія написана за матеріалами наукових розробок авторів, відкритих друкованих видань. Вона призначена для науково-педагогічних працівників, інженерів, аспірантів і докторантів ВВНЗ, а також буде корисна всім, хто цікавиться питаннями системного аналізу

УДК 005:[681.518:[355.40::35.078.4]]
ББК Ц64,5(4Укр)0-22

ISBN 978-617-7722-15-0
DOI: 10.30837/978-617-7722-15-0

© Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко,
І.В. Рубан, В.Г. Малюга, А.В.
Тристан, 2018
© Харківський національний
університет радіоелектроніки,
2018

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
Розділ 1. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....	9
1.1. Теоретичне узагальнення поняття «складна система». Міри складності.....	10
1.2. Моделі та методи формалізації й аналізу складної організаційно-технічної системи.....	15
1.2.1. Кластерна модель формалізації та методика аналізу складної організаційно-технічної системи.....	15
1.2.2. Системно-об’єктна модель формалізації та методика аналізу складної організаційно-технічної системи.....	19
1.2.3. Графові та передфрактальні моделі формалізації й методика аналізу складної організаційно-технічної системи.....	25
1.3. Обґрунтування вибору моделей дослідження складних організаційно-технічних систем військового призначення....	27
Висновки за розділом 1.....	33
Список літератури до розділу 1.....	33
Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....	37
2.1. Зміст теоретичних основ формування складних організаційно-технічних систем. Основні поняття, категорії, терміни.....	38
2.2. Удосконалення принципів формування структури системи управління Повітряних Сил як складної організаційно- технічної системи з урахуванням особливостей ведення сучасної збройної боротьби.....	42
2.3. Функціонально-цільовий метод синтезу структури органів управління системи управління Повітряних Сил.....	54
Висновки за розділом 2.....	64
Список літератури до розділу 2.....	65
Розділ 3. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ДЕГРАДАЦІЇ СКЛАДНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ.....	67

3.1. Моделі деградації складної організаційно-технічної системи	68
3.1.1. Показники та критерії структурної деградації складної організаційно-технічної системи.....	68
3.1.2. Показники та критерії функціональної деградації складної організаційно-технічної системи.....	71
3.1.3. Комплексна модель деградації складної організаційно-технічної системи.....	73
3.2. Метод деградації складної організаційно-технічної системи із застосуванням полієдрального аналізу.....	76
3.3. Метод деградації складної організаційно-технічної системи із застосуванням когнітивної моделі.....	84
Висновки за розділом 3.....	88
Список літератури до розділу 3.....	88
Розділ 4. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....	91
4.1. Показники та критерії ефективності структури системи управління як складної організаційно-технічної системи.....	92
4.2. Модель для оцінки оперативності та безперервності управління в структурі системи управління.....	105
4.3. Модель оцінки об'єктивності виконання завдань управління в структурі системи управління.....	121
Висновки за розділом 4.....	126
Список літератури до розділу 4.....	127
Розділ 5. КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД АДАПТАЦІЇ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....	129
5.1. Ієрархічні рівні адаптації. Алгоритм комплексного методу адаптації системи управління Повітряних Сил з урахуванням сучасних умов ведення збройної боротьби.....	130
5.2. Методика параметричної адаптації системи управління в ході ведення бойових дій.....	137
5.3. Методика структурної адаптації системи управління Повітряних Сил на етапі безпосереднього планування та в ході ведення бойових дій.....	143
5.4. Методика адаптації цілей системи управління Повітряних Сил на етапі безпосереднього планування та в ході ведення бойових дій.....	149
Висновки за розділом 5.....	158
Список літератури до розділу 5.....	158

ПЕРЕДМОВА

*Пам'яті професора Смірнова Євгена Борисовича
присвячується...*

Так склалося життя, що 10 лютого 2018 року виповнився рік як пішов з життя наш вчитель, товариш, колега професор Смірнов Євген Борисович, який все своє життя присвятив служінню Батьківщині. Ще рік тому, не можна було уявити ту порожнечу, яка виникла у нашому колективі. Євген Борисович був невтомним працівником, все, до чого він торкався, набувало значної динаміки, робота «кипіла» в його руках, а питливий розум завжди відсіював головне від другорядного, перспективні ідеї від нейздійснених.

Євген Борисович був всесторонньо розвиненою людиною, але його найбільшим науковим інтересом була теорія управління, теорія прийняття рішень та інформаційне забезпечення ведення бойових дій. В ньому унікально поєдналися досвід практика та знання теоретика. На робочому місці нашого колеги залишилися чернетки, напрацювання, записи, файли. Наш авторський колектив опрацював думки професора, додав до них свої наукові результати та вирішив опублікувати дану монографію.

Авторський колектив.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АВС – активна виконавча структура;
АСУ – автоматизована система управління;
ВМС – військово-морські сили;
ВПС – військово-повітряні сили;
ВФО – вузол – функція – об’єкт;
ЗС – збройні сили;
КП – командний пункт;
ОК – оперативне командування;
ОУ – орган управління;
ППО – протиповітряна оборона;
ПС – Повітряні Сили
СУ – система управління

ВСТУП

З кожним десятиліттям навколишній світ стає все більш складним. Розвиток засобів зв'язку, інформаційних технологій стирають просторові межі між об'єктами взаємодії, з одного боку спрощуючи комунікаційні процеси, а з іншого – ускладнюючи їх організаційну і функціональну структуру. Інтеграція технічної та організаційно-технічної структури призводить до появи складних організаційно-технічних структур, ефективність функціонування яких, синтез і деградація залежить як від технічної компоненти, так і від організації системи.

Об'єктом дослідження в роботі є складні організаційно-технічні системи.

Предметом дослідження – моделі та методи формування та деградації складних організаційно-технічних систем.

Питанню синтезу та аналізу складних систем присвячено значну кількість наукових робіт як вітчизняних, так і зарубіжних авторів з системного аналізу, теорії катастроф, теорії складних систем, теорії організації, теорії управління та менеджменту. Серед найбільш відомих є Л. А. Растрингін, О. Г. Додонов, Дж. Касті, Е. Аткин, С. І. Маторин, Джон ван Гиг, Г. В. Горелова, Д. О. Новіков.

Математичним підґрунтям дослідження процесів синтезу і деградації складних організаційно-технічних систем стали теорія графів, теорія фракталів, алгебра топологій, теорія ймовірності, методи математичного моделювання.

Незважаючи на те, що проблемним питанням теорії управління у військовій сфері присвячений ряд наукових праць В. П. Городнова, О. М. Загорки, Є. Б. Смірнова, В. І. Ткаченка, Г. А. Дробахи, С. П. Яроша, М. О. Єрмошина, які спрямовані на розвиток теоретичних основ формування системи управління військами, дослідження не втрачають своєї актуальності.

Даний факт обумовлений високим темпом технологічного розвитку систем озброєння, а також сучасними технологіями, які використовуються в системах управління і всебічного забезпечення бойових дій.

У монографії розглядаються взаємопов'язані питання формування (синтезу) і деградації (аналізу) складних організаційно-технічних систем.

У першому розділі вводиться поняття складної системи та міри складності, обґрунтовуються методи проведення дослідження.

Другий розділ присвячений розвитку методологічних основ формування складних організаційно-технічних систем, вводяться відповідні принципи, методи та моделі.

У третьому розділі побудована комплексна модель деградації складної організаційно-технічної системи та розробляються методи деградації з застосуванням поліедрального аналізу, системної динаміки, сценарного підходу та когнітивних карт.

Четвертий розділ монографії присвячений методам оцінки ефективності функціонування складних організаційно-технічних систем, адже саме оцінка дозволяє обрати найбільш доцільний варіант побудови структури та оцінки стійкості від впливів.

Кожна складна організаційно-технічна система в процесі функціонування має адаптуватися для досягнення цілей, тому п'ятий розділ присвячений саме питанню адаптації складних систем з побудовою комплексного методу.

Звичайно, що проведені дослідження мало апробацію саме на системі управління Повітряних Сил Збройних Сил України, як складної організаційно-технічної системи, в монографію увійшли практичні питання, які можуть бути опубліковані у відкритих джерелах.

Автори не претендують на повноту проведеного дослідження і продовжують працювати над цією темою.

Основними напрямками подальшого дослідження слід вважати розробки інтелектуальних алгоритмів оцінки меж стійкості складних організаційно-технічних систем і методів автоматичного визначення критичних точок складної системи для її деградації.

РОЗДІЛ 1

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

1.1. Теоретичне узагальнення поняття «складна система». Міри складності

1.2. Моделі та методи формалізації й аналізу складної організаційно-технічної системи

1.3. Обґрунтування вибору моделей дослідження складних організаційно-технічних систем військового призначення

Розділ 1

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

1.1. Теоретичне узагальнення поняття «складна система». Міри складності

З метою узагальнення поняття «складна система» наведемо визначення «системи» [1].

Система (від гр. *συστημα* – «сполучення», «ціле», «з'єднання») – безліч взаємопов'язаних елементів, яка взаємодіє з середовищем як єдине ціле і відокремлена від нього. Систему в широкому сенсі розуміють як динамічно змінюючу сукупність зв'язаних об'єктів, яка має властивості організації, зв'язаності, цілісності, роздільності.

Структурою системи є побудова і внутрішня форма організації системи, що виступає як єдність сталих взаємозв'язків між її елементами, а також законів цих взаємозв'язків [2].

Важливе теоретичне значення у розумінні категорії «складності» мають властивості системи.

З цілями та функціями системи пов'язані такі властивості системи, як:

– ефект синергії, що описує односпрямовану або цілеспрямовану дію компонентів, яка посилює ефективність функціонування системи;

– ієрархічність системи як пріоритет досягнення мети функціонування всієї системи над метою функціонування окремих частин (елементів) системи;

– емерджентність системи – наявність у системі особливих властивостей, які не властиві її підсистемам і елементам, а також сумі елементів, не пов'язаних системоутворюючими зв'язками; неможливість зведення властивостей системи до суми властивостей її компонентів;

– мультиплікативність, що описує як позитивний, так і негативний ефект функціонування системи як результат множення, а не додавання;

– цілеспрямованість системи – діяльність кожної системи підпорядкована певній цілі;

– альтернативність у досягненні цілі пов'язана з наявністю множини шляхів досягнення мети функціонування системи та породжує ентропію та задачу прийняття рішення;

– робастність – здатність системи досягати цілі за умови невизначеності вхідних впливів та умов функціонування [3].

Зі структурою системи пов'язані такі її властивості, як:

– цілісність – первинність цілого відносно її складових частин;
– неадитивність – неможливість зведення суми властивостей елементів до властивості цілої системи;

– структурність – здатність проводити декомпозицію системи (а також підсистем і елементів системи) та встановлювати зв'язки між ними (дана властивість дозволяє формалізувати систему у вигляді графових структур);

– ієрархічність – здатність розглядати кожен елемент системи як нову систему (дана властивість дозволяє формалізувати систему у вигляді передфрактальних і фрактальних структур).

З ресурсами та зовнішнім середовищем пов'язані такі властивості, як:

– комунікативність – наявність складної ієрархічної системи комунікацій з середовищем у вигляді ієрархії;

– взаємодія і взаємозалежність системи та зовнішнього середовища;

– адаптивність – здатність системи змінюватися в результаті внутрішніх або зовнішніх управляючих впливів для досягнення мети функціонування в умовах невизначеності [4];

– надійність – здатність системи функціонувати за умови відмови однієї або декількох підсистем (збереження параметрів функціонування системи протягом запланованого періоду) [5];

– інтерактивність – властивість структури системи, за якої мета її функціонування досягається інформаційним шляхом обміну інформацією між елементами цієї системи та взаємодіючих систем, елементами інтерактивності є всі елементи взаємодіючої системи, за допомогою яких відбувається взаємодія з іншою системою (середовищем) [6].

Як показав аналіз, всеохоплюючий характер поняття «система» є основною причиною відсутності сталого поняття «складна система» [7].

Ряд дослідників вважають [4], що складна система – це система, яка не має єдиної мети функціонування, а її мета існує у багатокритеріальному просторі, причому ряд критеріїв може виступати як обмеження.

Мету функціонування складної системи подамо у вигляді моделі стану зовнішнього середовища, яке є бажаним з точки зору системи. Сукупність таких станів є простором бажаних станів S . Перехід до стану з простору бажаних станів здійснюється системою в результаті внутрішнього або зовнішнього управління.

Мету функціонування складної системи зручно формулювати не в термінах стану середовища, а цільових параметрах, які в загальному випадку описуються вектором [3]

$$Z = (z_1, \dots, z_k), \quad (1.1)$$

де кожен цільовий параметр $z_i, i = \overline{1, k}$ однозначно визначається ситуацією S .

Тобто

$$Z = \psi(S), \quad (1.2)$$

де $\psi(S) = (\psi_1(S), \psi_2(S), \dots, \psi_k(S))$ – деяка визначена вектор-функція.

У k -вимірному просторі цілей $\{Z\}$ можна задати критерії їхнього досягнення, які можуть бути подані як цільові функції, так і обмеження.

З точки зору даного підходу щодо визначення поняття складної системи, система управління Повітряних Сил (ПС) є складною системою, оскільки цілі її функціонування (ведення бойових дій) є багатовимірним критеріальним простором.

Інше трактування поняття «складної системи» впливає з її особливих властивостей при організації управління:

– відсутність необхідного математичного опису системи як функції F обчислення стану системи Y за станами її входів – управляючих U і неуправляючих X , тобто $Y = F(X, U)$;

– наявність невизначеності пов'язаної зі складністю. Система має настільки велику кількість об'єктів і зв'язків між ними, кожний з яких вносить невизначеність в її функціонування, що загальна ентропія перевищує раціональність її управління;

– складність в управлінні, що властиве організаційно-технічним системам. Наявність у складі організаційно-технічних систем таких об'єктів управління як людина (колектив людей), яка має власну думку та свідомість, ускладнює управління, отже, кожна організаційно-технічна система є складною;

– нестационарність (динамічність) системи, залежність алгоритмів управління та раціональних впливів від часу.

Система управління Повітряних Сил є організаційно-технічною системою, що функціонує в умовах невизначеності та в динаміці часу, тобто за даним критерієм вона також може належати до складної системи.

Чисельними ознаками складної системи є її відкритість і здатність до самоорганізації.

Відкритість системи – це її властивість постійно перебувати в стані обміну (взаємодії) з зовнішнім середовищем та іншими системами [9].

Самоорганізація – це здатність системи перетворювати динамічний хаос у впорядковані дії (управління) [10].

Системі управління Повітряних Сил властиві дані характеристики, оскільки вона функціонує у постійному обміні з іншими системами (для системи протиповітряної оборони (ППО) – це система розвідки, зенітного ракетно-артилерійського прикриття, винищувально-авіаційного прикриття, радіоелектронної боротьби).

Призначення системи управління і є цілеспрямоване, оперативне, безперервне та стійке управління підпорядкованими з'єднаннями (частинами, підрозділами), отже, системі управління властива функція самоорганізації відносно об'єктів управління.

Розглядаючи систему з точки зору циркулюючих інформаційних потоків, ряд дослідників вважають [11], що система є складною, якщо в ній не вистачає ресурсів, головним чином – інформаційних для ефективного опису станів і законів функціонування, а також управління системою, що складається з визначення, опису управляючих параметрів і прийняття рішення у таких системах.

За даним визначенням для ефективного функціонування складної системи потрібна підсистема підтримки прийняття рішення. Складність управління високотехнологічним озброєнням, динамічність зміни повітряної обстановки потребує створення сучасних автоматизованих систем управління та підсистем підтримки прийняття рішення [44].

Провівши класифікацію складності системи управління Повітряних Сил можна виділити такі види складності, як:

- структурна (статична) складність, яка характеризується наявністю великої кількості зв'язків і відсутністю достовірної інформації для їх опису;
- динамічна (часова) складність, яка характеризується відсутністю (недостатністю) інформації для зменшення невизначеності функціонування складної системи у динаміці її функціонування;

– інформаційна, інфологічна складність, яка характеризується відсутністю (недостатністю) інформації для побудови моделі системи та розрахунку параметрів стану системи;

– алгоритмічна (конструктивна) складність, яка характеризується складністю побудови алгоритму функціонування системи, реалізація якого призводить до досягнення її мети;

– складність адаптації та самоорганізації, яка характеризується відсутністю достовірної інформації та ресурсів для адаптації і самоорганізації системи в процесі її функціонування за умови невизначеності обстановки.

Аналізуючи наведений вище перелік складності, можна зробити висновок, що структурна складність впливає на динамічну та алгоритмічну складність. Динамічна складність впливає на структурну складність (хоча і не завжди), на складність адаптації та самоорганізації, а також на алгоритмічну складність.

Для організаційно-технічних систем важливим типом складності є структурна та динамічна складність.

Зазначене питання важливості у визначенні складності потребує розгляду такого поняття як «міра складності».

Саме поняття складності системи не є універсальним – воно може змінюватися динамічно від стану до стану системи, при цьому і слабкі (непомітні) зв'язки можуть значно підвищувати складність системи.

Проблема простоти-складності має досить широкий теоретичний та практичний інтерес у сучасній науці.

У контексті розгляду питання визначення міри складності систем згадаємо відомі міри складності систем Н. Гудмена [12], Дж. Кемени [13], К. Боулдинга [14], К. Шеннона [15], Р. Акоффа [16]. Особливу увагу привертають дослідження Е. А. Мамчура та А. І. Уємова [17], що спираються саме на системний підхід у визначенні складності систем, дані ідеї знайшли свій розвиток у більш пізніх роботах [18 – 20].

Розвиток кібернетичних підходів і теорії інформації визначили застосування міри дескриптивної складності та нечіткої міри складності. Опис дескриптивної міри складності зводиться до оцінки кількості елементів і зв'язків між ними у складній системі.

Інформацію, яка необхідна для опису даного виду модифікації складності розуміють в синтаксичному змісті. Міра дескриптивної складності I має задовольняти такі умови (X_1, X_2 – складні системи)

$$\begin{aligned} I(\emptyset) &= 0; \\ I(X_1) &< I(X_2) \text{ при } X_1 \subset X_2; \\ I(X_1) &= I(X_2) \text{ при ізоморфності } X_1 \text{ та } X_2; \\ I(X_1 \cap X_2) &= I(X_1) + I(X_2), \text{ якщо } X_1 \cap X_2 = \emptyset. \end{aligned} \tag{1.3}$$

Дескриптивна міра складності забезпечує оцінку складних детермінованих задач, однак для недетермінованих задач дана міра складності не може бути прийнятною, оскільки вона не здатна врахувати складність, яку вносить до системи нечіткість стохастичної системи.

У даному випадку використовується оцінка складності системи як міри інформації, що необхідно внести до системи для усунення невизначеності повної множини станів складної системи.

Оцінка складності ґрунтується на мірах нечіткості, для ймовірнісного підходу міра складності системи співпадає з мірою ентропії К. Шеннона.

Системна складність розглядається як умова для системних задач у вигляді переваг на множині варіантів систем об'єкта. Міра системної складності в цьому сенсі становить розмірність варіанта задачі, за якою визначається часова та просторова функція складності алгоритму рішення задачі управління, межа практичної можливості управління складними системами.

Провівши теоретичне узагальнення поняття «складна система», визначивши види складності та ввівши на основі аналізу відомих мір складності міру складності системи, яка описується нечіткою кількістю станів, перейдемо до аналізу моделей і методів формалізації та аналізу складних систем.

1.2. Моделі та методи формалізації та аналізу складної організаційно-технічної системи

1.2.1. Кластерна модель формалізації та методика аналізу складної організаційно-технічної системи

Для формалізації складної системи та виявлення закономірностей її структури інформацію про складну систему потрібно класифікувати.

Питання кластерного аналізу досить детально розглянуто в роботах [21 – 23], його зміст полягає у розділенні множини елементів, з яких

складається складна система на заздалегідь задану або невідому кількість класів (кластерів), які характеризуються мірою близькості. Далі дослідження (аналіз) складної системи відбувається або в середині кластеру, або шляхом розбиття кожного кластеру на менші підкластери. Критеріями якості проведеної кластеризації є такі:

– всередині груп (кластерів) елементи складної системи мають бути тісно пов'язані між собою;

– елементи різних кластерів мають бути віддалені один від одного.

Аналіз структури складної системи із застосуванням методів кластерного аналізу є необхідним етапом проведення досліджень.

Особливу актуальність класифікаційні побудови відіграють під час проектування нових інструментальних засобів інформаційних технологій, призначених для дослідження складних систем.

Ознаки класифікації в ході застосування кластерних підходів формалізації складних систем можуть бути як кількісні, так і якісні.

Для застосування методу кластерного аналізу складну систему подають у вигляді п'ятірки

$$C = C(I, R, A^{(S)}, A^{(RS)}, A^{(SR)}), \quad (1.4)$$

де $I = \{S_1, \dots, S_p\}$ – безліч внутрішніх елементів системи C ;

$R = \{R_1, \dots, R_q\}$ – безліч зовнішніх елементів системи C ;

$A^{(S)}$ – всі n -арні відношення на елементах (внутрішня структура системи C);

$A^{(RS)}, A^{(SR)}$ – всі n -арні відношення між елементами I та R (структура зв'язків між внутрішніми та зовнішніми елементами системи).

Формалізація складних систем у вигляді системи кластеризації є результатом класифікаційних побудов на безлічі елементів складних систем. Прикладами таких систем можуть бути безлічі опису елементів із заданим відношенням еквівалентності, тобто приналежності до того ж класу (кластера), безлічі класів (кластерів) із заданим відношенням ієрархії; безлічі кластеризації із заданим відношенням домінування.

Формалізація складних систем за допомогою моделей і методів кластерного аналізу з'єднує суб'єктивні і об'єктивні ознаки елементів систем, тому що людина при класифікаційних побудовах враховує лише обмежену кількість ознак з нескінченної кількості можливих.

Отже, для нескінченного набору властивостей елементів, яким володіє реальна складна система, існує також нескінченна безліч варіантів вибору обмежених кластерів. Отже, якщо безліч ознак, якими описуються елементи складної системи, є системою опису, а безліч значень кожної з ознак, що враховують, на конкретних об'єктах – описом цих складних систем, то аналоги-моделі складних систем (зокрема, системи-кластеризації) – це системи множин, кожна з яких є описом. Система-модель типу (1.4) є образом складної системи-оригіналу

$$C' = C(I', R', A^{(S')}, A^{(RS')}, A^{(SR')}) \quad (1.5)$$

Відображення множини C' на множині C є гомоморфним, якщо складна система C має той самий склад, що й C' (зворотне правило неправильне).

Зі сказаного можна зробити висновок, що система-модель, формалізована методами кластерного аналізу, має меншу кількість елементів і зв'язків, ніж складна система-оригінал, але всі елементи та зв'язки, які є у моделі, правильно копіюють прототип.

Для побудови кластерної моделі складної системи не існує формальної процедури, вона визначається цілями класифікаційних побудов і рівнем знань конкретного дослідника.

Основні етапи побудови та дослідження систем-класифікацій є такими:

– першим етапом класифікаційних (кластерних) побудов є глибоке проникнення в суть розглянутих явищ і вибір відповідного принципу кластеризації;

– другий етап – встановлення списку ознак кластеризації та їх значень, що підлягають обліку на окремих елементах складних систем. У список включаються ознаки, які найбільш повно характеризують досліджувані елементи в сенсі заданої мети діяльності складної системи, з розгляду виключаються ознаки, що мають слабкі розділові властивості в рамках складної системи, що формалізується;

– третій етап полягає у відборі репрезентативної вибірки елементів складної системи і розробці вимірювань;

– четвертий етап – це вибір відносин на безлічі описів елементів, заходів, що породжують ставлення, вирішальних правил і критеріїв ефективності.

Перші три етапи подання складних систем у вигляді систем-класифі-

кацій (кластеризацій) складають творчу частину процедури класифікації, яка повністю залежить від дослідника і досить важко піддається формалізації.

На четвертому етапі побудови класифікаційної системи потрібно обробляти значний обсяг інформації за певними логічними правилами, які відповідають суті досліджуваної складної системи. У зв'язку з цим актуальним стає задача формалізації процедур на цих етапах і реалізації їх у вигляді інформаційних інструментальних засобів.

Складні системи, що підлягають кластеризації, досліджуються, перш за все, про наявність у них характерних властивостей або станів, які мають різні ознаки [23]. Значення ознак можуть вимірюватися з різною точністю.

Для вимірювання ознак застосовуються шкали найменувань, порядку, відносин, бальні, інтервалів [22].

В ході використання шкали найменувань вказується тільки, однакові чи ні об'єкти щодо вимірюваної ознаки.

Порядкові або рангові ознаки є тільки щодо «більш – менш».

Більш точні виміри припускають і більшу кількість значень. В цьому випадку використовуються бальні шкали. Значення бальної шкали є обмеженим дискретним рядом чисел.

Безліч варіантів класифікації для формалізації складної системи подаються в морфологічних таблицях, які є списком якісних ознак елементів системи. Список ознак, що визначає варіант морфологічної безлічі, є ознаковим образом складної системи. Кількість ознакових образів і властивості ознак, що описують складну систему в конкретному дослідженні, можуть бути великими, що є недоліком методу, роблячи морфологічну безліч малодоступною для аналізу.

Спрощується аналіз у ході використання математичних методів, які спеціально призначені для кількісної характеристики інтегрованих ознак складної системи.

Безліч образів варіантів складної систем може бути подана як матриця, що має q стовпців і p рядків (порядку $p \times q$), причому номеру стовпця відповідає найменування подання складної системи S_j ($j = 1, 2, \dots, q$), а номеру рядка – назва ознаки Z_i ($i = 1, 2, \dots, p$). Інформаційним змістом матриць є відомість про присутність або відсутність кожної з ознаки, що враховуються, у розглянутому поданні системи.

При цьому, якщо i -та ознака присутня в j -й формалізації складної системи, то на перетинанні i -го рядка та j -го стовпця міститься «1», в іншому випадку – «0».

Кожен j -й стовпець даної матриці є описом j -ї системи, будь-який i -й рядок – описом i -ї ознаки.

Сімейство множин S або Z із заданими на них відносинами можна розглядати як складні системи, в яких зв'язки між елементами утворюють певну структуру.

Отже, зміст завдань з обробки матриць образів систем включає підбір типів відносин і аналізу структури породжуваних ними систем.

1.2.2. Системно-об'єктна модель формалізації та методика аналізу складної організаційно-технічної системи

Вирішення проблеми синтезу системного та об'єктного підходів дозволило створити системно-об'єктну модель і відповідний метод аналізу складної системи [24]. Цей метод забезпечує інтеграцію функціональної (процедурної) і об'єктної (субстанціальної) декомпозиції складної системи з урахуванням її взаємодії з середовищем.

Для забезпечення єдності системного та об'єктного підходів потрібно було подолати відмінності цих підходів з точки зору напрямків процесів декомпозиції складної системи. Оскільки системному підходу (аналізу) властива так звана процедурна (функціональна) декомпозиція системи, а об'єктному підходу – об'єктна [24 – 26,].

Формалізація складної системи із застосуванням системно-об'єктної моделі починається з визначення варіанта побудови її структури, причому варіантів два: функції або об'єкти.

Звернувшись до положень традиційного системного аналізу [27 – 29], можна помітити, що мова в побудові структури йде тільки у функціях (структурі процесу) без належної уваги до об'єктів, що реалізують ці функції, тобто субстанційні системи.

Застосування об'єктного підходу призводить до побудови структури об'єктів [30, 31].

Системологічні уявлення про складні системи дозволяють поєднати процеси виявлення як функціональної, так і об'єктної її структури.

Згідно з даними уявлень, по-перше, система завжди є об'єктом, функціонування якого, з одного боку, підтримує надсистему, а з іншого – сама підтримується функціонуванням підсистем, по-друге, властивості складної системи є внутрішніми здібностями даної системи підтримувати зв'язки певного виду і (або) заважати здійсненню зв'язків певного виду,

тобто характеризується зв'язками з іншими системами. Кожен зв'язок між системами (підсистемами складної системи) є процес обміну між ними елементів, отже, властивості системи є проявом її активності включатися у зв'язки (обмінні потоки) з іншими системами в структурі складної системи.

Описані моделі дозволяють зробити висновок, що структура складної системи в дійсності не може бути тільки функціональною або тільки об'єктною (субстанційною). Це одна і та сама структура, а формалізація подання залежить від типу мислення аналітика та досліджуваних процесів.

По-перше, кожна складна система характеризується наявністю певних видів зв'язків між підсистемами. Якщо зв'язки відсутні, то досліджувати складну систему взагалі не має ніякого сенсу. При цьому, з точки зору підсистем, кожна конкретна підсистема складної системи подається перехрестям, тобто вузлом, зв'язками, за якими щось надходить до неї («перетікає») від інших і що-небудь надходить від неї («витікає») до інших.

Отже, необхідно враховувати, що будь-яка система обов'язково є споживачем певних видів ресурсів (матеріальних, інформаційних) інших систем, і постачальником певних видів ресурсів для інших систем.

Якісна вузлова характеристика підсистеми складної системи є основною і характеризує її цілісно як елемент.

Можна зробити, що вузол вхідних і вихідних зв'язків характеризує завдання даного елемента (підсистеми) в структурі складної системи, оскільки саме він визначає, який ресурс і від кого надходить в систему, і що і кому надходило від даного елемента, тобто характеризує призначення елемента.

По-друге, з точки зору потоків, кожен елемент (підсистема) складної системи характеризується функціональними здібностями (процесами, функціями), які забезпечують перетворення вхідних ресурсів у вихідні ресурси. Під ресурсами розуміють матеріальні або інформаційні об'єкти. Ці функціональні можливості (процеси) забезпечують баланс «припливу» й «відтоку» за функціональними зв'язками вузла, що займається даним елементом підсистеми. При цьому баланс того ж вузла може бути забезпечений, в принципі, різними наборами функціональних здібностей (наборами процесів), тобто різними функціональними залежностями виходу від входу.

Формальна функціональна характеристика елемента (підсистеми) є вторинною і характеризує потенційну можливість системи збалансувати свій певний елемент (вузол, підсистему).

По-третє, з точки зору функціональних можливостей балансувати певний вузол, кожна система характеризується як матеріальний об'єкт, який реалізує ці функціональні можливості (функціональні залежності), тобто фізично здійснюють ці процеси. При цьому той самий набір функціональних можливостей може бути реалізований, у принципі, різними за своєю природою та конструкцією об'єктами. Необхідно тільки, щоб продуктивності цих об'єктів за входом і виходом відповідали кількісним характеристикам потоків ресурсів, пов'язаних з даною системою. Кількісна об'єктна характеристика системи є третьорядною й характеризує практичну дійсну її здатність збалансувати елементи.

Розглянуті принципи формалізації призводять до можливості одночасного подання (формалізації) складної системи з трьох логічних позицій:

– безліч структурних елементів (підсистем) у вигляді перехрестя зв'язків з іншими елементами – вузлів, що позначаються $(L^{\text{in}})L^{\text{out}}$, де L – зв'язок/потік;

– як безліч функціональних елементів, що виконує певну роль у вигляді підтримки складної системи шляхом балансування вузлів – функції, що позначається $L^{\text{out}}(L^{\text{in}})$;

– як безліч субстанціальних елементів, що реалізує цю функцію у вигляді деякого матеріального утворення, яке володіє конструктивними, експлуатаційними характеристиками – об'єкта, що позначається $L^{\text{out}}L^{\text{in}}$.

Отже, формалізація складної системи у вигляді підсистем (елементів), мають бути триелементними конструкціями «вузол – функція – об'єкт» (або ВФО-елементи), забезпечує єдність функціональної і об'єктної декомпозицій, оскільки є адекватною реальній дійсності способом подання структури, складу та функціональності складної системи.

Графічне подання такого типу формалізації складної системи наведено на рис. 1.1.

Основу методу формалізації становить певна нормативна система.

Невід'ємною частиною нормативної системи (як і будь-якої формальної системи) є алфавіт, що включає в себе знаки (символи), які використовуються для запису елементів і дій над ними (в ході аналізу) складної системи.

В ході застосування системно-об'єктної моделі як алфавіт розглядається набір вузлів (перехресть зв'язків/потоків), набір функцій, які балансують ці вузли, і набір об'єктів, що реалізують ці функції. При цьому

для формування набору вузлів використовується класифікація, яка обумовлена базовою таксономічною (родо/видовою) класифікацією зв'язків залежно від ресурсів, які протікають по них.

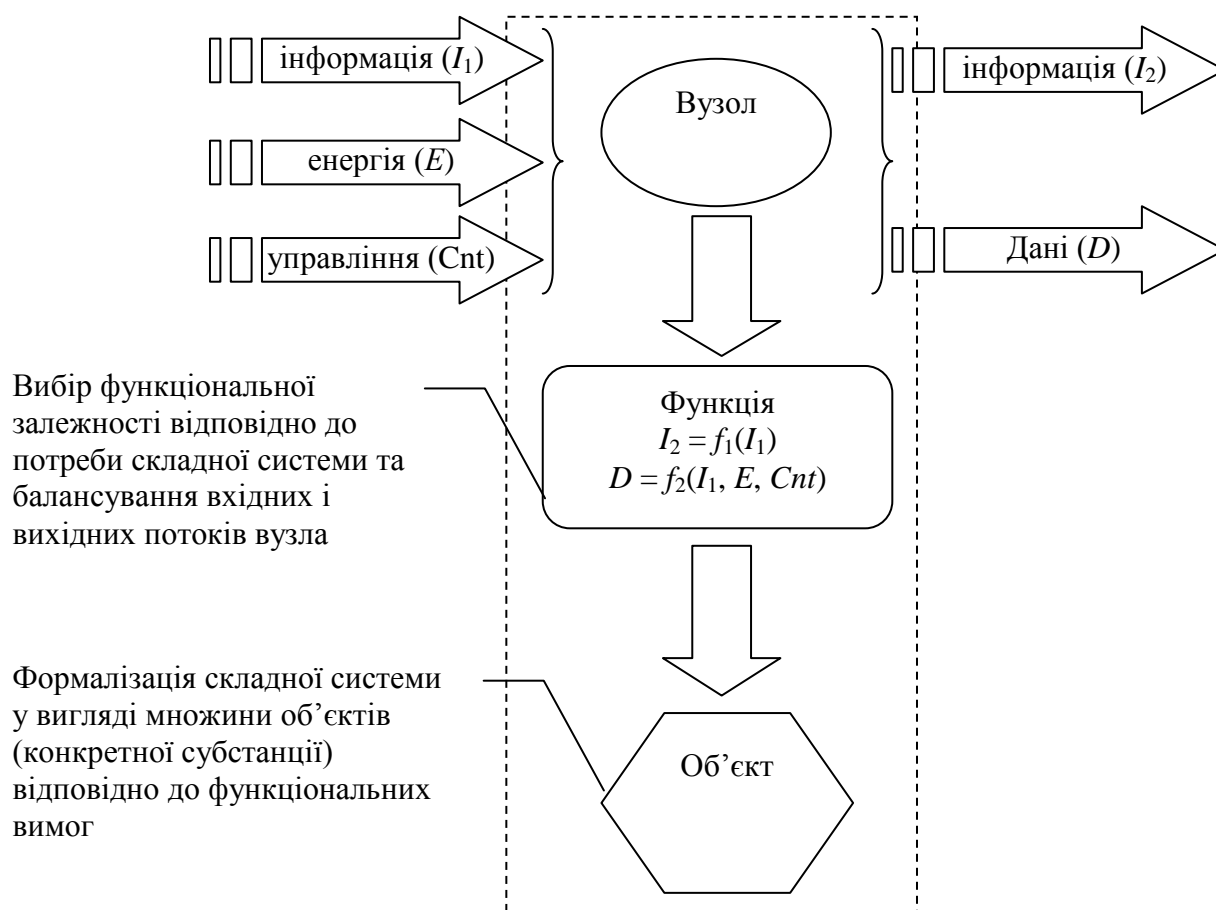


Рис. 1.1. Триєдина формалізація елемента складної системи у вигляді «вузла» – «функції» – «об'єкту»

Класифікація зв'язків забезпечує параметричність класифікації вузлів і конструктивне визначення семантики символів цих вузлів.

Важливим є те, що класифікації зв'язків L , вузлів $(L^{in})L^{out}$ (а також ізоморфні останній класифікації функції $L^{out}(L^{in})$ і об'єкти $L^{out}L^{in}$ елементів) можуть бути спеціалізовані з заданим ступенем точності для будь-якої конкретної предметної галузі.

Як алфавітні елементи можуть розглядатися будь-які ВФО-елементи, отримані шляхом комбінування зв'язків з базової класифікації або класифікації, що становлять результат її спеціалізації. При цьому природно виникають такі варіанти:

– елемент складної системи є об’єкт $L^{out}L^{in}$, що займає вузол $(L^{in})L^{out}$ з одним входом і одним виходом і реалізує функції $L^{out}(L^{in})$ перетворення однієї змінної. Даний елемент складної системи є “елементарним” або «алфавітним». Його елементарність не означає принципіальну неможливість його подальшої декомпозиції;

– елемент складної системи є об’єкт $L^{out}L^{in}$ ($i = 1, \dots, n$), що займає вузол $(L^i, \dots, L^n)L^{out}$ з декількома входами і одним виходом, що реалізує функцію $L^{out}(L^i, \dots, L^n)$ перетворення декількох змінних. Елемент даного типу є композицією декількох алфавітних елементів, об’єднаних в одну цілісну (емерджентну) субстанцію в зв’язку з тим, що вони забезпечують одну загальну функціональність;

– елемент складної системи є об’єкт L^iL^{in} ($i = 1, \dots, n$), що займає вузол $(L^{in})L^i, \dots, L^n$ з одним входом і декількома виходами, що обслуговуються одним входом, і реалізує функції $L^i(L^{in}), \dots, L^n(L^{in})$. Даний елемент є суперпозицією різних алфавітних елементів, об’єднаних в єдину субстанцію в зв’язку з однаковістю вхідних потоків. Швидше за все, роз’єднання алфавітних елементів не є можливим або доцільним;

– елемент складної системи є об’єкт L^jL^i ($i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$), що займає вузол $(L^i, \dots, L^n)L^j, \dots, L^m$ з декількома входами і кількома виходами, що реалізує складну функцію $L^j, \dots, L^m(L^i, \dots, L^n)$. Даний елемент є агрегацією, що складається з декількох функціонально незалежних елементів, кожен з яких буде екземпляром певного класу першого, і/або другого, і/або третього типу, описаних вище. В принципі ці функції можуть бути виконані різними елементами.

Класифікаційний спосіб завдання алфавіту формальної (в даному випадку – нормативної) системи відіграє роль алгоритму для задачі семантики знаків складної системи, що перетворює її (нормативну систему) в алгоритмічно побудовану або конструктивну систему. Отже, даний метод формалізації складної системи забезпечує отримання алфавіту нормативної системи, що володіє не тільки абсолютно абстрактною або суто математичною семантикою, а й предметною (проблемно)-орієнтованою, яка дозволяє розглядати даний алфавіт як формально-семантичний, а тим самим найскладнішу систему.

Надання алфавітом нормативної системи предметно-орієнтованої семантики і властивості адаптивності покращує її інтерпретаційні характеристики і спрощує її використання для моделювання різних складних систем, що функціонують в реальному середовищі. Однак, це не знижує

рівня формальності такої нормативної системи, оскільки за умови алгоритмічного завдання семантики і синтаксису вона задовольнятиме всім вимогам, що висуваються до формальної системи з точки зору явного і суворого опису засобами самої формальної системи всіх властивостей і відносин всіх використовуваних символів, а також з точки зору розпізнавання всіх символів тільки за їх формою.

Оскільки символи запропонованого алфавіту за визначенням є різні системні компоненти (вузли, функції, об'єкти), то, можна зробити висновок, що правила оперування даними символами мають бути засновані на системних відносинах, які розглядаються в рамках системного підходу. Як відомо, функціональна системологія розглядає як основу системних відносин ставлення підтримки функціональної властивості цілого [25]. Це дозволяє сформулювати як основне правило оперування символами алфавіту системних компонент закон системної декомпозиції: елементи на i -му ярусі складної системи мають знаходитися у відношенні підтримки функціональної здатності $i + 1$ -го ярусу складної системи (підсистеми мають підтримувати складну систему).

Дотримання даного закону забезпечується шляхом виконання таких правил системної декомпозиції, які природно випливають з положень функціональної системології.

1. Правило приєднання: елементи мають приєднуватися один до одного відповідно з якісними та кількісними характеристиками властивих їм зв'язків.

2. Правило балансу: при приєднанні елементів один до одного (відповідно до першого правила має забезпечуватися якісний та кількісний баланс «припливу» і «відпливу» згідно вхідних і вихідних функціональних зв'язків).

3. Правило реалізації: при приєднанні елементів один до одного (відповідно з перерахованими вище правилами) має бути забезпечена відповідність об'єктних характеристик функціональним.

4. Правило замкнутості: внутрішні (підтримуючі) зв'язки/потоки елементів у складній системі мають бути замкненими.

Дані правила дозволяють збирати з ВФО-елементів моделі різної складності, що називаються ВФО-конфігураціями.

Складна система, що формалізується так, описується адаптивним (гнучким, динамічним) алфавітом, який володіє змістовною (але однозначною) семантикою та дозволяє реалізувати нову методику аналізу та дослідження складних організаційно-технічних систем.

Методика аналізу складається з ряду етапів [32 – 34]:

– виявлення вузлів зв'язків у структурі складної системи на підставі функціональних зв'язків системи в цілому;

– виявлення функціональності, що підтримує (забезпечує) виявлені вузли;

– визначення об'єктів, які відповідні виявленій функціональності.

Перший крок ВФО-аналізу може бути ототожнений з етапом власне аналізу проблеми, другий – з етапом її проектування, а третій – з її реалізацією.

Застосуванню даних етапів має передувати підготовчий етап, завданнями якого є налагодження (адаптація) відповідної бібліотеки елементів до певної проблеми і сфері діяльності організаційно-технічної системи.

1.2.3. Графові та передфрактальні моделі формалізації та методика аналізу складної організаційно-технічної системи

Зміни, що проходять в складних системах, можуть бути формалізовані за допомогою графових моделей та теоретико-графових операцій над графами [35 – 37]. Графові моделі, на відміну від раніше розглянутих моделей типу ВФО розглядають складну систему в її вузловій інтерпретації.

Графова структура позначається як $G = (V, E)$, де V – безліч вершин, що відповідає елементам складної системи, а E – безліч ребер, що відповідає зв'язкам між елементами складної системи.

Необхідно завідзначити, що в графовій структурі зв'язки між вузлами можуть позначати довільні фізичні явища, а також потоки, в тому числі і інформаційні, що властиво системі управління.

Формалізація складної системи у вигляді когнітивної моделі при теоретико-графовому підході дозволить дослідити впливи вузлових елементів між собою.

Зміни, що проходять в структурі складної системи можуть бути описані у вигляді теоретико-графових операцій: стягування ребра, видалення (додавання) ребра, видалення (додавання) вершини графа. Визначення стійкості і здатності функціонування складної системи при структурних змінах і є завданням структурного аналізу складних систем.

Для формалізації і дослідження складних систем військового призначення на графовому рівні можна використовувати поняття фрак-

тальних і передфрактальних графів [38, 39].

Ключовим елементом в описі таких структур є поняття «затравки», під яким розуміють будь-який пов'язаний граф $H = (W, Q)$.

Передфрактальний граф відрізняється від фрактального наявністю одного типу «затравки», водночас фрактальний може мати кілька різних таких типів. Передфрактальний граф породжується за допомогою операції заміни вершини графа обраною «затравкою».

Суть заміни полягає в таких операціях:

– у заданому графі $G = (V, E)$ для вершини, що потребує заміни $\tilde{v} \in V$ виділяється безліч $\tilde{V} = \{\tilde{v}_j\} \subseteq V, j = 1, 2, \dots, |\tilde{V}|$ суміжних вершин;

– з графа G видаляється вершина \tilde{v} та всі інцидентні до неї ребра;

– кожна вершина $\tilde{v} \in \tilde{V}, o = 1, 2, \dots, |\tilde{V}|$ з'єднується ребром з однією з вершин «затравки» $H = (W, Q)$ за певним правилом.

Передфрактальний граф позначатимемо як $G_L = (V_L, E_L)$, де V_L – безліч вершин даного графа, а E_L – безліч його ребер.

Визначимо його рекурентне, замінюючи послідовно вершини «затравкою» $H = (W, Q)$.

Процес породження передфрактального графа G_L , по суті, є процес побудови послідовності передфрактальних графів G_1, G_2, \dots, G_L , що називається траєкторією.

Передфрактальний граф $G_L = (V_L, E_L)$ називається (n, q, L) – графом, якщо він породжується n – вершинною, q – реберною зв'язаною «затравкою» $H = (W, Q)$ та (n, L) , якщо «затравка» $H = (W, Q)$ є регулярним графом.

Використання операції заміни вершини «затравкою» в процесі породження передфрактального графа G_L для елементів $G_1 = (V_1, E_1)$, $l \in \{1, 2, \dots, L-1\}$ його траєкторії дозволяють ввести відображення $\varphi: V_l \rightarrow V_{l+1}$ або в загальному випадку

$$\varphi^t(V_l) = V_{l+1}, t = 1, 2, \dots, L-1. \quad (1.6)$$

У формулі (2.6) безліч V_{l+1} – образ безлічі V_l , а безліч V_l є прообразом безлічі V_{l+1} . Для передфрактального графа G_L ребра, що з'явилися на l -му етапі породження є ребрами рангу l .

Отже, у даному підрозділі роботи показані можливі шляхи формалізації для дослідження складних систем.

1.3. Обґрунтування вибору моделей дослідження складних організаційно-технічних систем військового призначення

Загальний аналіз складних систем [3, 5] показує, що система управління, як сукупність органів і об'єктів управління, пунктів управління, засобів автоматизації і зв'язку, призначених для організації ефективної цілеспрямованої діяльності, є складною відкритою ієрархічною організаційно-технічною системою.

Відкритість системи враховує її здатність сприймати динамічну інформацію із зовнішнього середовища. Ієрархічність системи управління передбачає наявність декількох рівнів, які розділяють відповідальність за якісне виконання поставлених перед системою взаємозалежних завдань.

Організаційною система управління представляється тому, що включає сукупність органів управління, управлінська діяльність яких поєднується єдиними цілями функціонування всієї системи. І є тільки один – крайній знизу рівень управління, на якому органи управління «навантажуються» на виконавчі структури, що має можливість реалізовувати на практиці, прийняті на верхніх рівнях управління, рішення.

Активні виконавчі структури складної організаційно-технічної системи розглядаються як людино-машинні системи, функціонування яких призводить до зміни стану всієї системи в зовнішньому середовищі.

На старших рівнях управління можуть використовуватися людино-машинні системи, наприклад, мережі електронних обчислювальних пристроїв, які допомагають отримувати інформацію, аналізувати її та приймати рішення, але не призводять до безпосередньої зміни стану системи в умовах зовнішнього середовища.

Отже, частина рівнів управління має безпосередньо в підпорядкуванні такі ж структури органів управління, як і самі, а одна частина на найнижчому рівні має функціональні організації, які із застосуванням відповідних сил і засобів виконують цільові завдання щодо зміни системи в умовах зовнішнього середовища.

Поняття складності системи управління можна сформулювати за сукупністю ознак, які наводяться в різних джерелах [41, 43, 44]. Наприклад, до складних відноситимуться динамічні організаційно-технічні системи, які мають багаторівневий, багатоелементний характер, де присутні органи управління з властивою їм функцією прийняття рішень, з контролем їх

виконання та перевірки якості виконання завдань активних виконавчих структур (АВС).

Методологія аналізу системи управління як складної організаційно-технічної системи допускає проведення формалізації її завдань, прийняття обмежень і припущень, в рамках яких отримані результати та висновки відповідатимуть вимогам істинності.

Для формалізації завдань, що вирішуються системою управління, необхідно прийняти такі умови:

– розглядається три основних рівня управління – стратегічний (системний), оперативний (поведінковий) і тактичний (виконавчий);

– на кожному старшому рівні управління ставляться завдання, які деталізуються на підзадачі для підлеглих;

– на стратегічному (системному) рівні визначаються загальні цілі й завдання й задум зміни стану системи в зовнішньому середовищі;

– на оперативному (поведінковому) рівні визначаються цілі й завдання, задум «поводження» підсистем для досягнення необхідних змін системи, а на тактичному (виконавчому) рівні «настроюється» механізм функціонування активних виконавчих структур щодо забезпечення заданого поведження підсистем;

– управління можливо тільки за наявності цільової функції, значення якої розраховуються залежно від вимірних параметрів системи;

– формально цільову функцію можна подати у вигляді ієрархічного деревоподібного спрямованого простого графа цілей;

– кожні ребра графа включають стратегічну мету, досягнення якої забезпечується оперативними цілями, які у свою чергу досягаються в ході реалізації безлічі тактичних цілей;

– кожна мета описується безліччю показників і критеріїв її досягнення;

– порядок досягнення кожної мети ієрархії визначається варіантами логічного об'єднання підпорядкованих цілей, варіантами способів і тактичних прийомів виконання завдань на виконавчому рівні;

– розрахунок показників та оцінка досягнення цілей здійснюється методом моделювання;

– імітаційна модель використовує відповідний математичний апарат залежно від виду невизначеності (стохастична або нестохастична) – відповідно методи теорії імовірності або теорії нечітких мір;

– в ієрархічній структурі системи управління має дотримуватися принцип збереження свободи вибору Д. Габора [40];

– система управління розглядається в цілісному виді з урахуванням ієрархії управління.

Свобода вибору забезпечується тим, що на кожному наступному кроці відбору варіантів передається не один варіант замислу рішення, а кращі, які відібрані на останньому кроці.

Складні організаційно-технічні системи мають власні етапи самоорганізації в процесах прийняття рішень, а тому цей принцип можна сформулювати так: приймати рішення в кожному випадку необхідно так, щоб у наступний раз, коли виникне необхідність у черговому прийнятті або уточненні рішення, зберігалася б свобода вибору варіантів.

Причому в умовах невизначеності обстановки інтерпретувати цей принцип можна по-іншому: умови невизначеності обстановки для складної організаційно-технічної системи військового призначення вимагають створення такої кількості варіантів рішення, яка б зберігала можливість на кожному кроці зниження цієї невизначеності відбирати кращий варіант.

Для вирішення завдань управління потрібна в першу чергу цільова функція, що надає спрямований характер діяльності організації. Вид цільової функції характеризує залежність значень показників ефективності діяльності об'єктів управління від значень регульованих параметрів.

Якщо органи управління знають необхідні значення показників ефективності, то за цільовою функцією можливе знаходження необхідних значень параметрів управління, що і є основним призначенням системи управління.

Робота за вибором і розрахунком цільової функції пов'язана з процесами прийняття рішення і його реалізацією. Це складне та кропітке інтелектуальне завдання, що пов'язано з пошуком інформації, її аналізом, з проведенням розрахунків значень прогнозованих показників ефективності майбутньої діяльності.

Отже, можна констатувати, що формалізація складної організаційно-технічної системи може здійснюватися через її графове подання у вигляді дерева цілей.

Діяльність організації, безумовно, планується. Ідеальним випадком розвитку обстановки є той варіант, коли в реальних умовах об'єкти управління виконують своє завдання відповідно до плану, а органам управління під час контролю його виконання не довелося втручатися та уточнювати раніше прийняте рішення.

Ідеальний випадок відповідатиме умовам повної інформованості органів управління про майбутню діяльність, про всі зміни зовнішнього та внутрішнього середовища, що в реальних умовах належить до поняття «можливості».

Саме тому, що управлінський функціонал у системі управління вирішує завдання аналізу можливих станів внутрішнього й зовнішнього середовища, аналізу можливих наслідків діяльності організації, створення й вибору всіляких варіантів замислу діяльності організації, цей функціонал у системі управління є основним.

Функція забезпечення процесів управління закладена в інформаційну підсистему, кінцевим продуктом якої має стати необхідна інформація для управління складною організаційно-технічною системою, а точніше для прийняття рішення з управління.

Інформаційна підсистема є сукупністю джерел інформації, засобів одержання, передачі, зберігання, обробки й видачі даних для добування інформації [41, 42].

В окремому випадку до поняття «інформації» потрібно віднести ту різницю між обмірюваним і необхідним значенням показника ефективності діяльності організації, а також ті значення параметрів, які потрібно сформулювати та видати об'єктам управління для досягнення необхідного результату.

До складу інформації для органів управління необхідно включити вербальні та кількісні параметри зовнішнього середовища, які є невідомими, але визначають необхідне поведження об'єктів управління своєї системи.

Для виконання завдання моделювання динамічних процесів існує певний досвід [42, 43], складніше організувати моделювання процесів забезпечення даними та добуванням з них інформації для прийняття рішень. Така можливість відкривається, якщо формалізувати процеси обміну даними за схемою, що наведена на рис. 1.2.

На ній наведено як функціональні елементи свої війська і противник:

СУ – підсистема управління (1 – системний рівень, 2 – поведінковий рівень, 3 – виконавчий рівень);

З – підсистема забезпечення за рівнями управління (1, 2, 3);

АВС – активна виконавча структура (підсистема).

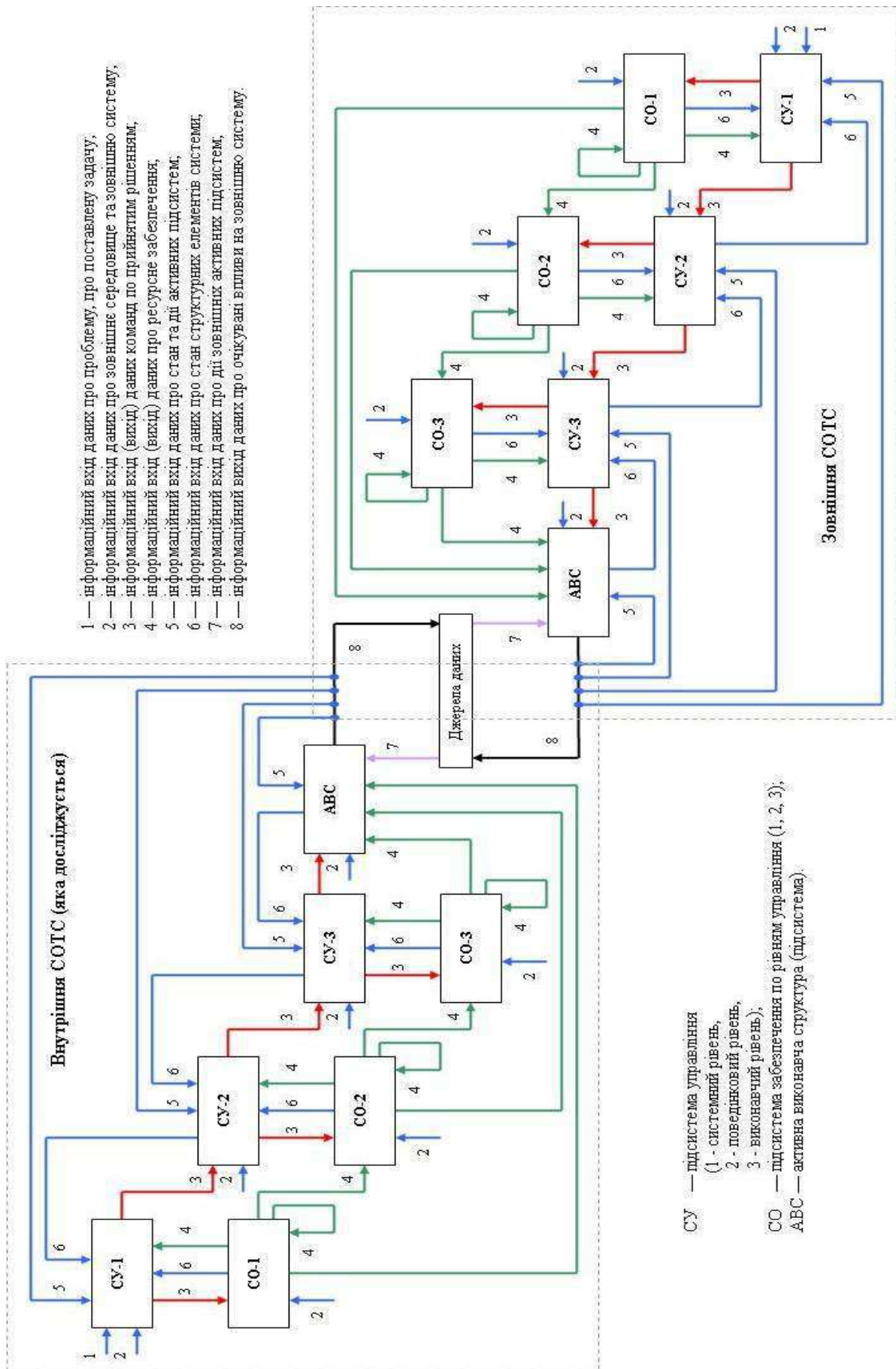


Рис. 1.2. Модель дослідження складної організаційно-технічної системи

Функціональні елементи – комунікаційні, інформаційний і аналітичний залежать від своєчасності видачі, змісту інформації та її якості в наведених каналах обміну (1...8).

Канали обміну повинні мати таку спрямованість:

1 – інформаційний вхід даних про проблему, яка виникає, та про поставлене завдання;

2 – інформаційний вхід даних про зовнішнє середовище та про зовнішню систему (про противника);

3 – інформаційний вхід (вихід) даних команд щодо прийнятих рішень;

4 – інформаційний вхід (вихід) даних про ресурсне забезпечення;

5 – інформаційний вхід даних про стан і дії активних підсистем;

6 – інформаційний вхід даних про стан структурних елементів системи;

7 – інформаційний вхід даних про дії зовнішніх активних підсистем;

8 – інформаційний вихід даних про очікуваний вплив на зовнішню систему (на противника).

При цьому досліджується зміст інформації, переданої від органів управління з одного рівня на інший (3, 5, 6), зміст інформації з питань забезпечення (4).

Моделювання процесів на «полі бою» супроводжується видачею інформації в каналах 7, 8, причому враховується моделювання «датчиків» інформації, від яких обидві сторони одержують відповідні дані (джерела даних за результатами бойових дій) з «поля бою».

Отже, на підставі проведеного аналізу та запропонованої моделі можна сформулювати висновки щодо застосування моделей та методів формалізації та дослідження складних систем із застосуванням теоретико-графових методів і системно-об'єктної моделі.

Висновки за розділом 1

1. Система є важливим узагальнюючим терміном, що описує функціонування оточуючого світу. Важливе теоретичне значення у розумінні категорії «складності систем» мають їх властивості.

2. На основі дескриптивної та інформаційної міри складності системи доведено, що система управління ПС Збройних Сил України є складною системою та потребує дослідження.

3. Проведена класифікація моделей формалізації та методів аналізу складних систем, показано, що з метою дослідження Повітряних Сил як складної системи доцільно використовувати теоретико-графові підходи на звичайних і передфрактальних графах, а також системно-об'єктну модель функціонування складної системи.

Список літератури до розділу 1

1. Система // Великий тлумачний словник сучасної української мови. – 5-те вид. – К. ; Ірпінь : Перун, 2005.
2. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2013. – 520 с.
3. Улянов С. А., Литвинцева Л. В., Добрынин В. А., Мишин А. Н. Интеллектуальное робастное управление: технологии мягких вычислений. – 1. – PronetLabs, 2011. – Т. 1. – 406 с.
4. Растрюгин Л. А. Адаптация сложных систем. – Рига: Зинатне, 1981. – 375 с.
5. Волкова В. Н. Теория систем. – М.: Высшая школа, 2006. – 322 с.
6. Liu, Yuping and L. J. Shrum (2012), "What is Interactivity and is it Always Such a Good Thing? Implications of Definition, Person, and Situation for the Influence of Interactivity on Advertising Effectiveness," *Journal of Advertising*, 31 (4), p. 53–64.
7. Neil, F. Johnson (2007). *Two's Company, Three is Complexity. A simple guide to the Science of all Sciences.* Oxford: Oneword Publications. с. 236.
8. Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Основы теории сложных систем. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований. – 2006. – 620 с.
9. Сугаков В. Й. Основы синергетики. – К. : Обереги, 2001. – 287 с.
10. Gershenson, Carlos. (2007). "Design and control of Self-organizing Systems" (phD thesis).
11. Додонов А. Г., Ландэ Д. В. Живучесть информационных систем. – К.: Наук. думка, 2011. – 256 с.
12. Goodman N., *The Test of Simplicity // Science.*– 1958, Vol 128, Number 3331.– P. 1065.
13. Kemeny J. *Two measures of complexity // Journ. Philos.* Vol III, – № 24, p. 725.

14. Боулдинг К. *Общая теория систем – скелет науки // Исследование по общей теории систем.* – М.: 1969. – 201 с.

15. Шеннон К. *Работы по теории информации и кибернетике.* — М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. - 830 с.

16. Акоф Р. *Общая теория систем и исследование систем как противоположные концепции науки о системах. // Общая теория систем.* – М.; Мир, 1966. – С. 79.

17. Мамчур Е. А., Овчинников Н. Ф., Уёмов А. И. *Принцип простоты и меры сложности.* – М.; Наука, 1989. – 204 с.

18. Леоненко Л. Л. *О методах решения некоторых задач параметрической общей теории систем с помощью языка тернарного описания // Системный метод и современная наука.* – Вып. 5. – Новосибирск, 1979. – С. 49-50.

19. *Parametric General Systems Theory and the Estimation of Proposals for Mankind's Survival // New Systems Thinking and Action for-a new Century.* Pacific Grove. California, 1994.

20. *The Language of Ternary Description as a Deviant Logic // Boletim da Sociedade Paranaense da Matematica.* V.15. № 1-2, 1995; V.17. № 1-2, 1997; V.18. № 1-2, 1998.

21. Агафонов В. *Системные принципы стратегического планирования. Кластерный подход.* – М.: Palmarium Academic Publishing, 2014. – 572 с.

22. Мандель, И.Д. *Кластерный анализ.* – М.: Финансы и статистика, 1988. – 355 с.

23. Миркин, Б.Г. *Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений.* – М.: изд. дом «Высшая школа экономики», 2011. – 711 с.

24. Бреховских С. М. *Основы функциональной системологии материальных объектов / С. М. Бреховских.* – М.: Наука, 1986. – 192 с.

25. Мельников Г. П. *Системология и языковые аспекты кибернетики / Г. П. Мельников.* – М.: Сов. радио, 1978. – 368 с.

26. Шрейдер Ю. А. *Системы и модели / Ю. А. Шрейдер, А. А. Шаров.* – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.

27. Перегудов Ф. И. *Введение в системный анализ / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко.* – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.

28. Месарович М. *Общая теория систем: математические основы [Текст] / М. Месарович, Д. Михайло, Я. Такахаара.* – М.: Мир, 1978. – 311 с.

29. Клар Д. *Системология: автоматизация решения системных задач / Д. Клар.* – М.: Радио и связь, 1990. – 539 с.

30. Буч Г. *Объектно-ориентированный анализ и проектирование [Текст] / Г. Буч. – 2-е изд. – М.: «Издательство Бином», СПб.: «Невский диалект», 1998. – 560 с.*

31. Йордан, Э. *Структурные модели в объектно-ориентированном анализе и проектировании [Текст] / Э. Йордан, К. Аргила. - М.: «ЛОРИ», 1999. – 264 с.*

32. Маторин С. И. *Анализ и моделирование бизнес-систем: системологическая объектно-ориентированная технология / С. И. Маторин; предисл. Э. В. Попова. – Харьков: ХНУРЭ, 2002. – 322 с.*

33. Бондаренко М. Ф. *Объектная технология моделирования информационных и организационных систем: учеб. пособие / М. Ф. Бондаренко, С. И. Маторин, Е. А. Соловьева, Д. Б. Ельчанинов. – Харьков: ХНУРЭ, 2005. – 160 с.*

34. Маторин С. И. *Моделирование организационных систем в свете нового подхода «Узел-Функция-Объект» / С. И. Маторин, А. С. Попов, В. С. Маторин // Научно-техническая информация. Сер.2. – 2005. – № 1. – С. 1 – 8.*

35. Оре О. *Теория графов. – М.: Либроком, 2009. – 354 с.*

36. Смирнов С. Н., Галкина В. А. *Оптимизационные задачи на графах. – М.: Гелиос АРВ, 2012. – 368 с.*

37. Харари Ф. *Теория графов. – М.: Либроком, 2009. – 302 с.*

38. Гринченко В. Т., Мацыпура В. Т., Снарский А. А. *Введение в нелинейную динамику. Хаос и фракталы. – М.: ЛКИ, 2010. – 282 с.*

39. Тарасенко В. В. *Фрактальная логика. – М.: Либроком, 2009. – 120 с.*

40. Мандельброт Б. В. *Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2010. – 676 с.*

41. Смірнов Є. Б., Ткаченко В. І., Шмаков О. М., Малюга В. Г. *Методологія наукових досліджень в галузі оперативного управління військами (силами) // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 1(26). – С. 21-26.*

42. Ткаченко В. І., Дробаха Г. А., Смірнов Є. Б., Тристан А. В. *Теорія прийняття рішень органами військового управління: монографія. – Харків: ХУПС, 2008. – 545 с.*

43. Городнов В. П., Дробаха Г. А., Єрмошин М. О., Смірнов Є. Б., Ткаченко В. І. *Модельовання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): монографія. – Харків: ХВУ, 2004. – 409 с.*

44. Смірнов Є. Б., Ткаченко В. І., Шмаков О. М., Малюга В. Г. *Методологія наукових досліджень в галузі оперативного управління військами (силами). Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2017. № 1(26). – С. 21-26.*

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ СИНТЕЗУ СКЛАДНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

2.1. Зміст теоретичних основ формування складних організаційно-технічних систем. Основні поняття, категорії, терміни

2.2. Удосконалення принципів формування структури системи управління Повітряних Сил як складної організаційно-технічної системи з урахуванням особливостей ведення сучасної збройної боротьби

2.3. Функціонально-цільовий метод синтезу структури органів управління системи управління Повітряних Сил

Розділ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

2.1. Зміст теоретичних основ формування складних організаційно-технічних систем. Основні поняття, категорії, терміни

Незважаючи на те, що проблемним питанням теорії управління у військовій сфері присвячено ряд наукових робіт [1–7], дослідження, які спрямовані на розвиток теоретичних основ формування системи управління військами, не втрачають своєї актуальності. Даний факт обумовлений високим темпом технологічного розвитку систем озброєння, а також сучасними технологіями, які використовуються в системах управління та всебічного забезпечення бойових дій [7, 8, 16].

Виходячи із сучасних уявлень на загальне поняття теорії як розвинутої форми організації наукового знання, що дає цілісне уявлення про закономірності та суттєві зв'язки певної галузі дійсності [9, 10], або як сукупності формалізованих поглядів і уявлень, що спрямовані на пояснення будь-якого явища [11, 12], теорію розглядають з двох точок зору: одна має відношення до форми, інша – до викладання змісту.

Змістовний аспект теорії формують систематизовані та узагальнені знання про закономірності й особливості розвитку явищ предметної галузі, що розглядаються. За формою теорія розглядається як метод (або сукупність методів, методик) обґрунтування та прогнозу явищ предметної галузі.

Теорія як науковий метод у найбільш розвиненому вигляді включає набір часткових методів:

- збору фактичного матеріалу;
- змістового і формального опису фактів;
- аналізу фактів, властивостей, факторів і явищ;
- побудови (синтезу) і доказу наукових висновків;
- пошуку закономірностей у процесах, що досліджуються;
- оцінки достовірності отриманих результатів;
- побудови (синтезу) оцінки та формування наукових рекомендацій;
- інтерпретації та експериментальної перевірки висновків і рекомендацій;

– економічної оцінки рекомендацій [11].

Слід виділити такі компоненти наукової теорії:

- емпіричні основи;
- теоретичні основи;
- методологічні основи.

Поняття «Теоретичні основи» передбачає наявність таких елементів (рис. 2.1) [10]:

– понятійний апарат, що включає сукупність специфічних понять, категорій, термінів даної науки (тезаурус), а також ідеалізації, теоретичні гіпотези і концепції, вихідні положення (принципи, постулати, аксіоми), що описують ідеалізований об'єкт теорії;

– науково-методичний апарат (набір часткових методів і методик, а також теоретичні конструкції у вигляді загальних і часткових моделей, формул, розрахункових співвідношень, алгоритмів), який поєднує сукупність розроблених у ході розвитку науки і практики, прийнятих до широкого використання (тобто апробованих, які пройшли експертизу фахівців, офіційно визнаних та опублікованих) рішень наукових і практичних задач, що дозволяють отримати достовірні наукові результати у предметній галузі;

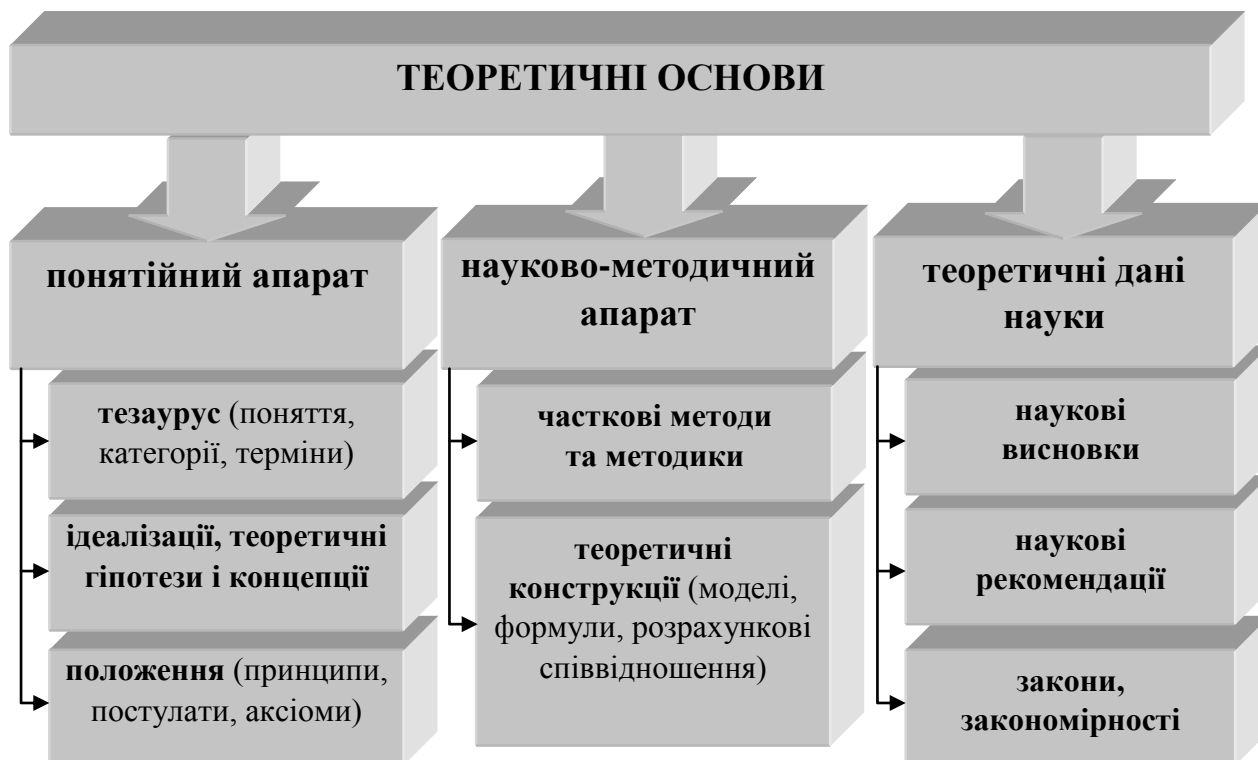


Рис. 2.1. Складові теоретичних основ

– теоретичні дані науки (наукові дані) – сукупність наукових висновків, рекомендацій, законів і закономірностей, які отримані в результаті застосування методів і теорії даної науки в інтересах практики.

Для опису ідеалізованого об'єкта теорії використовується понятійний апарат, який в свою чергу має такі складові:

– тезаурус, що становить комплексно адаптовану систематизовану сукупність понять, категорій, дефініцій і термінів, а також структуру і зміст їх взаємозв'язків у процесі дослідження конкретної галузі знань; [10, 13];

– ідеалізації (уявне конструювання і вивчення ідеалізованих об'єктів, які не існують в дійсності і не можуть практично бути здійснені), теоретичні гіпотези (наукові припущення, які висуваються для пояснення будь-яких явищ) і концепції (система пов'язаних між собою поглядів на різні явища);

– положення (твердження, думки, що лежать в основі досліджуваної галузі знань), які за своїм змістом поділяються на принципи (є початковим, основним положенням будь-якої наукової теорії), постулати (вихідне положення, припущення, яке приймається без доведення) і аксіоми (вихідне положення, яке приймається без доказів і стає підставою для доказу правильності інших положень) [9].

Теоретичні основи синтезу структури системи управління військами можна розглядати як складову декількох теорій, а саме:

– теорії управління, тому що управління є основним процесом, який досліджується;

– теорії воєнного мистецтва. тому що управління військами є головною функцією системи управління військами та є складовою змісту формули досліджень теорії воєнного мистецтва;

– теорії організацій, оскільки система управління і об'єкт управління є складними організаційно-технічними системами;

– теорії системного аналізу, оскільки досліджуються складні системи;

– теорії прийняття рішень тому, що по-перше, побудова системи управління є частиною процесу прийняття та реалізації рішення суб'єктом управління (особи, яка приймає рішення), по-друге, методи управління є складовою як теорії прийняття рішень, так і науково-методичного апарату теоретичних основ побудови структури системи управління військами.

Основним поняттям у даних теоріях є поняття управління. Так, у роботах [7, 9] під управлінням розуміють:

– управління (як наука) – система впорядкованих знань у вигляді концепцій, теорій, принципів, способів і форм управління;

– управління (як мистецтво) – здатність ефективно застосовувати дані науки управління в конкретній ситуації;

– управління (як функція) – цілеспрямований інформаційний вплив на людей і економічні об'єкти, що здійснюється з метою направити їхні дії та отримати бажані результати;

– управління (як процес) – сукупність управлінських дій, що забезпечують досягнення поставлених цілей шляхом перетворення ресурсів на «вході» у продукцію на «виході»;

– управління (як апарат) – сукупність структур і людей, що забезпечують використання й координацію всіх ресурсів соціальних систем для досягнення їхніх цілей.

Термін управління розглядається з точки зору мистецтва, функції, процесу, а також як підрозділ, який реалізує функцію та приймає участь у процесі управління.

Процес формування складної організаційно-технічної системи тісно пов'язаний з визначенням і формуванням структури – аспектом системи, який відображає організацію системи, її внутрішню будову, тобто взаємне розташування частин, які складають одне ціле.

Слід відмітити, що функція управління військами безпосередньо реалізується спеціально створеними з цією метою органами військового управління, які зведені в єдину систему з відповідною структурою.

Тому можна стверджувати, що структура підсистеми органів управління військами є основою структури системи управління, а підсистема пунктів управління та підсистема зв'язку, та автоматизованого управління військами є технічними підсистемами, які забезпечують процес управління військами, та на яких реалізується варіант структури підсистеми органів управління.

Отже, технічні можливості підсистем зв'язку та автоматизованого управління військами є обмеженням при розгляді можливих варіантів побудови структури системи управління та в ході реалізації органами управління військами функції управління.

Процес побудови системи управління військами та часткові завдання цього процесу (вибір, обґрунтування та формування структури системи управління) ґрунтуються на дотриманні основних теоретичних положень.

Виходячи з відповідних теоретичних основ у ході визначення структури системи управління військами керуються такими принципами воєнного мистецтва, військового управління, побудови системи управління та її складових підсистем, які детально розглянуті в наступному підрозділі монографії.

2.2. Удосконалення принципів формування структури системи управління Повітряних Сил як складної організаційно-технічної системи з урахуванням особливостей ведення сучасної збройної боротьби

У ході формування системи управління та визначення її структури застосовуються принципи, які відображають закономірності збройної боротьби у цілому, а також закономірності щодо управління військами під час їхнього бойового застосування, а саме: принципи воєнного мистецтва, принципи військового управління, принципи побудови системи управління та її складових. Розглянемо їх більш детально [10].

Принципи воєнного мистецтва – основні положення, що відображають об’єктивно існуючі закономірності збройної боротьби, до них належать:

- висока бойова готовність до виконання завдань за будь-яких умов початку та ведення війни;

- раптовість, рішучість, активність бойових дій, постійне прагнення до захоплення та утримання ініціативи;

- повне використання різних засобів і способів боротьби;

- узгоджене застосування та тісна взаємодія об’єднань (з’єднань) всіх видів збройних сил (ЗС) і родів військ;

- зосередження основних зусиль у потрібний момент на найважливіших напрямках для вирішення головних завдань;

- одночасна поразка противника на всю глибину його шикування;

- своєчасний маневр силами та засобами для розвитку бойових дій;

- урахування та використання морально-психологічного фактора;

- безперервність управління;

- непохитність у виконанні поставлених завдань;

- всебічне забезпечення бойових дій;

- своєчасне відновлення резервів і боєздатності військ (сил).

Принципи військового управління – основні положення, що відображають об’єктивно існуючі закономірності щодо управління військами:

- єдність державного і військового управління;

- підконтрольність органів військового управління вищим органам державного управління;

- єдиноначальність і централізація управління з наданням підлеглим ініціативи і самостійності у визначенні способів виконання поставлених завдань;

- особиста відповідальність командувачів (командирів) і начальників за

прийняті рішення і виконання підлеглими своїх функціональних обов'язків і поставлених перед ними завдань;

– чіткий поділ функцій відповідальності та злагодженість дій різних органів управління під час виконання завдань;

– твердість і наполегливість у впровадженні в життя планів й прийнятих рішень;

– оперативність і гнучкість реагування на зміни обстановки, постійна готовність органів управління до вирішення раптово виникаючих завдань.

Принципи формування системи управління військами – основні положення, що відображають об'єктивно існуючі закономірності щодо побудови системи управління військами:

– комплексний характер удосконалення системи управління;

– відповідність обрису системи управління складу, структурі та рівню розвитку Збройних Сил;

– уніфікація та стандартизація засобів системи управління;

– поетапне удосконалення системи управління без порушення її працездатності;

– своєчасне удосконалення системи управління при змінах у концепції розвитку Збройних Сил;

– інтеграція системи управління Збройних Сил в єдину систему державного управління.

Принципи побудови системи органів військового управління – основні положення, що відображають об'єктивно існуючі закономірності щодо побудови системи органів військового управління. Розділяють загальні та конструктивні принципи (табл. 2.1).

Принципи побудови технічних підсистем системи управління військами – основні положення, що відображають об'єктивно існуючі закономірності щодо побудови системи пунктів управління, автоматизованої системи управління (АСУ) та зв'язку в системі управління військами (табл. 2.2).

З урахуванням сучасних умов ведення збройної боротьби в ході реалізації концепції мережецентричної війни доцільним є застосування принципів, які стосуються побудови мережецентричної системи управління угрупованням військ (сил). В ході їхнього визначення проаналізовані теоретичні розробки та напрями реалізації концепцій мережецентричної війни ЗС зарубіжних країн, можливі ієрархічні структури управління, мережеві архітектури побудови мережецентричного управління [2, 3].

Таблиця 2.1

Принципи побудови організаційної складової системи управління як складної організаційно-технічної системи

Принципи побудови системи органів військового управління	
Загальні	Конструктивні
1	2
<p>1) системність в будівництві органів військового управління, коли система органів військового управління розглядається як елемент у системі більш високого рівня;</p>	<p>1) відповідність структури і чисельності органу військового управління об'єкта, що управляється 2) відповідність ієрархії органу військового управління ієрархії задач управління;</p>
<p>2) здатність до розвитку системи з урахуванням перспектив її удосконалення, можливості змін її функцій, складу і структури органу військового управління без порушення ефективності її функціонування; 3) поступовість реорганізації органу військового управління без припинення життєдіяльності; 4) структурна достатність елементів системи органів військового управління; 5) стандартизація системи органу військового управління, застосування типових, уніфікованих і стандартизованих елементів; 6) сумісність інформаційних інтерфейсів системі органів військового управління з іншими системами органів управління (держав, воєнних блоків); 7) автоматизація інформаційних технологій, яка забезпечує підвищення якості і оперативності функціонування системи, обґрунтованість рішень за рахунок збільшення обсягів і швидкості оброблення інформації, оптимізації інформаційних потоків, інтелектуального підтримання рішень і вивільнення посадових осіб системи управління для вирішення творчих завдань</p>	<p>3) функціональна однорідність органу військового управління, виключення дублювання; відповідальності і паралелізму; 4) резервування (можливість взаємозамінності окремих органів (підрозділів) з метою підтримання безперервності управління; 5) відповідність структури органу військового управління воєнного і мирного часу; 6) мінімальна чисельність мирного часу; 7) єдність відповідальності і виконання (відповідальність за виконання певної функції покладається на її основного виконавця); 8) відповідність структури і чисельності органу військового управління існуючій системі державного управління</p>

Таблиця 2.2

Принципи побудови технічної складової системи управління як складної організаційно-технічної системи

Принципи побудови технічних підсистем системи управління військами (силами)		
Підсистема пунктів управління	Підсистема автоматизованої системи управління військами	Підсистема зв'язку
Розвиток системи пунктів управління з урахуванням оперативного шикування військ, стану і дислокації існуючих пунктів управління, їх технічного оснащення	Відкритість системи до введення нових підсистем, ланок комплексів, каналів	Узгоджене розвинення і поетапне об'єднання різних засобів зв'язку як загального, так і спеціального призначення
Забезпечення можливості комплексного використання стаціонарних і рухомих пунктів управління	Адаптивність автоматизованої системи управління до змін в системі управління в цілому	Безперервність і стійкість управління при змінах в організаційній структурі і складі угруповань військ, способах їх розгортання і застосування
Завчасна і всебічна підготовка місць (районів) розгортання пунктів управління	Уніфікація алгоритмічних, технічних і програмних рішень	Еволюційність розвитку системи зв'язку шляхом поетапного її переоснащення на нові засоби
Освоєння комплексів активного і пасивного захисту	Пріоритетність створення інформаційних систем і комплексів автоматизації управління, системного програмного забезпечення	

У табл. 2.3 наведено основні принципи, що стосуються побудови мережецентричної системи управління угрупованням військ (сил). Безумовно, визначальними є принципи управління у єдиному просторі, мережевий і сумісності. Саме реалізація цих принципів насамперед забезпечує побудову мережецентричного управління угрупованням військ (сил) [17].

Розглянуті принципи щодо побудови системи управління визначатимуть і її структуру.

В узагальненому вигляді структура Повітряних Сил створює вимоги до структури системи управління Повітряних Сил, в якій об'єктами управління є з'єднання, частини та підрозділи родів авіації, родів військ і спеціальних військ.

На систему управління спираються декілька закономірностей з теорії прийняття рішень, що впливає на якість виконання основного завдання органів управління.

Таблиця 2.3

Основні принципи побудови мережецентричної системи управління угруповання військ (сил)

Принцип	Зміст принципу
Управління у єдиному просторі	Єдиний інформаційно-комунікаційний простір створюється шляхом об'єднання мереж розвідувальних систем і засобів, органів і пунктів управління, систем засобів ураження
Мережевий	Структура системи управління є мережею із пунктів управління з'єднань, частин та «павутини» ліній зв'язку між ними
Послідовного створення мережі	Мережа органів і пунктів управління формується послідовно за родами військ, видами ЗС і угрупованнями військ (сил) у цілому
Мережевого призначення	Створення мережі органів і пунктів управління угрупованням військ (сил) шляхом об'єднання мереж видів ЗС і родів військ визначає міжвидове призначення мережецентричної системи управління
Змішаного управління за структурою	Використовується ієрархічне (централізоване) і неієрархічне управління (застосовуються горизонтальні зв'язки), здійснюється координація дій військових формувань
Об'єднання мережевих архітектур	Поєднання різних мережевих архітектур (централізованої, «за запитом», «рою», змішаної) в ході побудови мережі органів і пунктів управління
Сумісності	Технічне і функціональне сполучення локальних мереж видів ЗС і родів військ (різнорідних сил і засобів у районі бойових дій)
Відкритої системи	Можливість нарощування системи управління за рахунок підключення нових джерел і споживачів інформації, засобів її обробки і зберігання через об'єднану мережу обміну даними
Модульності	Комплекси засобів автоматизації різнорідних сил і засобів створюються з окремих відносно незалежних модулів, сполучених технічно, інформаційно і функціонально
Розподілення інформаційних ресурсів	Розосередження інформації, що обробляється і зберігається з метою забезпечення функціонування системи управління при виході з ладу одного або декількох компонентів мережі

Кількість органів управління залежить від кількості об'єктів управління і здатності органів управляти ними. Звідси існує вимога щодо кількості рівнів ієрархії. Важливою вимогою до органів управління, які приймали рішення, є те, що вони й повинні реалізовувати своє рішення. Передоручати виконання рішень іншим органам управління є порушенням принципів управління.

Основним завданням органу управління є прийняття рішень і реалізація їх в ході ведення бойових дій. Необхідність реалізації задуму бойових дій і уточнення його залежно від оперативної обстановки, що складається, є значно важливішим завданням від простого цілерозподілу.

Більш важливим є визначення задуму ведення протиповітряної

оборони і стратегії цілерозподілу повітряних цілей між з'єднаннями, частинами або між цільовими каналами на тактичному рівні управління.

Аналіз теорії і практики управління різними об'єктами дозволяє визначити вимоги до структур органу управління, враховуючи застосування дванадцяти наукових підходів: системного, комплексного, інтеграційного, раціонального, функціонального, динамічного, процесного, нормативного, кількісного (математичного), адміністративного, поведінкового, ситуаційного.

Кожний з перерахованих підходів відображує або характеризує один з аспектів системи управління. Вони не є синонімами, не дублюють, а доповнюють один одного, що підтверджує порівняння їх змісту.

Системний підхід. При системному підході будь-яка система (об'єкт) розглядається як сукупність взаємозалежних елементів, що має вихід (з контролем досягнення мети), вхід, зв'язок із зовнішнім середовищем, зворотний зв'язок. У системі результати на «виході» залежатимуть від якості впливів на «вході».

Комплексний підхід. У ході застосування комплексного підходу мають враховуватися технічні, тактичні, спеціальні (натренованість), організаційні, соціальні, психологічні, за необхідністю й інші (наприклад, політичні, економічні) аспекти військового управління й взаємозв'язки між ними. Якщо упустити один з обов'язкових аспектів управління, то результат управління може бути негативним.

Інтеграційний підхід. Інтеграційний підхід до управління націлений на дослідження й посилення взаємозв'язків:

- між окремими підсистемами й елементами системи управління;
- між об'єктами управління;
- між рівнями управління за вертикаллю;
- між суб'єктами управління за горизонталлю.

Раціональний підхід. Раціональний підхід передбачає орієнтацію керуючої підсистеми на кінцеву ефективність під час виконання, у першу чергу, бойових завдань. Пріоритети вибору критеріїв якості управління:

- підвищення ефективності функціонування об'єктів управління відповідно до прийнятих рішень;
- ощадлива витрата ресурсів на всю тривалість операції (бойових дій);
- обов'язковість наявності резерву ресурсів, урахування наукових розробок і рекомендацій, застосування автоматизації управління.

Функціональний підхід. Сутність функціонального підходу до управління полягає в тому, що структура органів військового управління

будується за критерієм одержання кращої якості виконання як окремих функцій управління, так і їх сукупності. Наприклад, структури органів управління протиповітряною обороною, вогневим ураженням, комплексною розвідкою мають поєднуватися в систему незалежно від розміщення посадових осіб органів управління в організаційно-штатній структурі.

Динамічний підхід. У ході застосування динамічного підходу суб'єкти та об'єкти управління розглядаються в діалектичній залежності, у зв'язках підпорядкованості і взаємодії, з урахуванням усіх етапів управління: завчасної, безпосередньої підготовки й в ході ведення операції (бойових дій).

Процесний підхід розглядає функції управління як взаємозалежні. Процес управління є загальною сумою всіх функцій, серією безперервних взаємозалежних дій, окремих процесів.

Нормативний підхід. Сутність нормативного підходу полягає у встановленні нормативів управління за всіма підсистемами системи управління.

Нормативи мають встановлюватися за найважливішими елементами:

– цільової підсистеми (показники ефективності ведення операції (бойових дій), показники організаційно-технічного рівня бойової діяльності, соціальних взаємовідносин у військових колективах, охорони навколишнього середовища);

– функціональної підсистеми (показники бойових можливостей військових формувань за функціональними складовими, нормативи бойової роботи органів управління, тактичні нормативи застосування озброєння й військової техніки, часові показники виконання поставлених бойових завдань);

– підсистеми забезпечення (нормативи за видами забезпечення бойових дій підрозділів і частин усім необхідним для їх нормального функціонування за призначенням, для виконання цілей і завдань, що стоять перед ними, нормативи ефективного використання різних видів ресурсів).

Нормативи функціонування елементів зовнішнього середовища (природа, противник) не підлягають впливу з боку органів управління, тому мають враховуватися, а при прийнятті рішень суворо дотримуватися їхніх вимог.

Кількісний підхід. Сутність кількісного підходу полягає в переході від якісних оцінок до кількісних за допомогою математичних, статистичних методів, проведення оперативних і тактичних розрахунків, експертних оцінок, враховування системи балів та ін. Управляти можна тільки під час проведення вимірів, розрахунків, оцінювання результатів у цифрах, а не словами.

Адміністративний підхід. Сутність адміністративного підходу полягає в регламентації функцій, прав, обов'язків посадових осіб органів управління, у виробленні нормативів якості управління, нормативних документів (накази, розпорядження, вказівки, стандарти, інструкції, положення тощо).

Поведінковий підхід. Метою поведінкового підходу є врахування індивідуальних людських здібностей і особливостей посадових осіб органів військового управління, які мають використовуватися для підвищення ефективності системи управління за рахунок підвищення ефективності функціонування її людських ресурсів.

Ситуаційний підхід. Ситуаційний підхід вніс великий вклад у теорію управління, використовуючи можливості прямого пристосування науки до конкретних ситуацій і умов. Центральним моментом ситуаційного підходу є ситуація, тобто конкретний набір обставин, які впливають на організацію в даний час. Використовуючи даний підхід, органи управління можуть краще зрозуміти, які прийоми більшою мірою сприятимуть досягненню цілей організації в конкретній ситуації. Як і системний, ситуаційний підхід не є простим набором, що пропонується керівництвами з бойової роботи, це спосіб мислення про організаційні проблеми й їх вирішення. У ньому також збережена концепція процесу управління.

Отже, ситуаційний підхід намагається погодити конкретні прийоми й концепції з певними конкретними ситуаціями для того, щоб досягти цілей організації найбільш ефективно.

Перераховані підходи рекомендуються для застосування при вирішенні будь-якого завдання, що виникає при функціонуванні, будівництві або розвитку структур системи управління, за стадіями життєвого циклу об'єкта, на рівнях стратегічного, тактичного або оперативного управління.

Процес визначення структури системи управління зазвичай розглядають у часовій послідовності за етапами: завчасної підготовки до бойових дій, безпосередньої підготовки до бойових дій, ведення бойових дій. Етап відновлення бойової готовності відповідає етапу безпосередньої підготовки (рис. 2.2). Завершеність циклу діяльності (цільового циклу управління) визначається трьома фазами [14]:

– фаза проектування, результатом якої є побудована модель створюваної системи (бажаний облік) й план її реалізації (починається з

першої точки відліку);

- технологічна фаза, результатом якої є реалізація системи;
- рефлексивна фаза, результатом якої є оцінка реалізованої системи й визначення необхідності або її подальшої корекції, або «запуску» нового проекту (останні дві фази відповідають 2, 3 та 4 точкам відліку на рис. 2.2).

На рис. 2.2 наведено декілька одночасно функціонуючих циклів управління:

- на стратегічному рівні – блоки 1 – 13, 19 – 21;
- на оперативному рівні управління – блоки 7 – 18;
- на тактичному рівні управління – блоки 19 – 28.

Фаза проектування передбачає процеси формування й прийняття рішення щодо створення системи, яка буде реалізовувати цільову програму (виконувати місію організації), формування якої здійснюється процесами блоків 6, 7, 19, причому кожен старший рівень управління включає в себе підпорядковані процеси цілеутворення. На цьому етапі здійснюється проектування поведінки організації на тривалий період виконання завдань для досягнення поставленої мети. При цьому (рис. 2.2) здійснюється оцінка можливих загроз (блок 5), змінення умов функціонування організації (блоки 1 – 3), постає нове завдання оперативного планування (блоки 12 – 14) наступних бойових дій (блок 10 – реалізації потрібної «поведінки» військ).

Технологічна фаза включає етап практичної підготовки військ (сил) до бойових дій, тобто на практиці здійснюється реалізація рішення (не обов'язково у процесі ведення бойових дій). На цьому етапі постійно відслідковується обстановка (перша точка відліку рис. 2.2), її параметри враховуються в рішенні (блок 8), що приймалося на етапі проектування (етап завчасної підготовки). При цьому здійснюється коригування поведінки військ (сил) від запланованої під час проектування системи. Час реакції системи управління на визначене відхилення поведінки військ (сил) має забезпечувати їх постійну готовність до виконання поставлених завдань.

Рефлексивна фаза в діяльності системи характеризує безпосередню реалізацію нею функцій під час ведення бойових дій (третя точка відліку рис. 2.2).

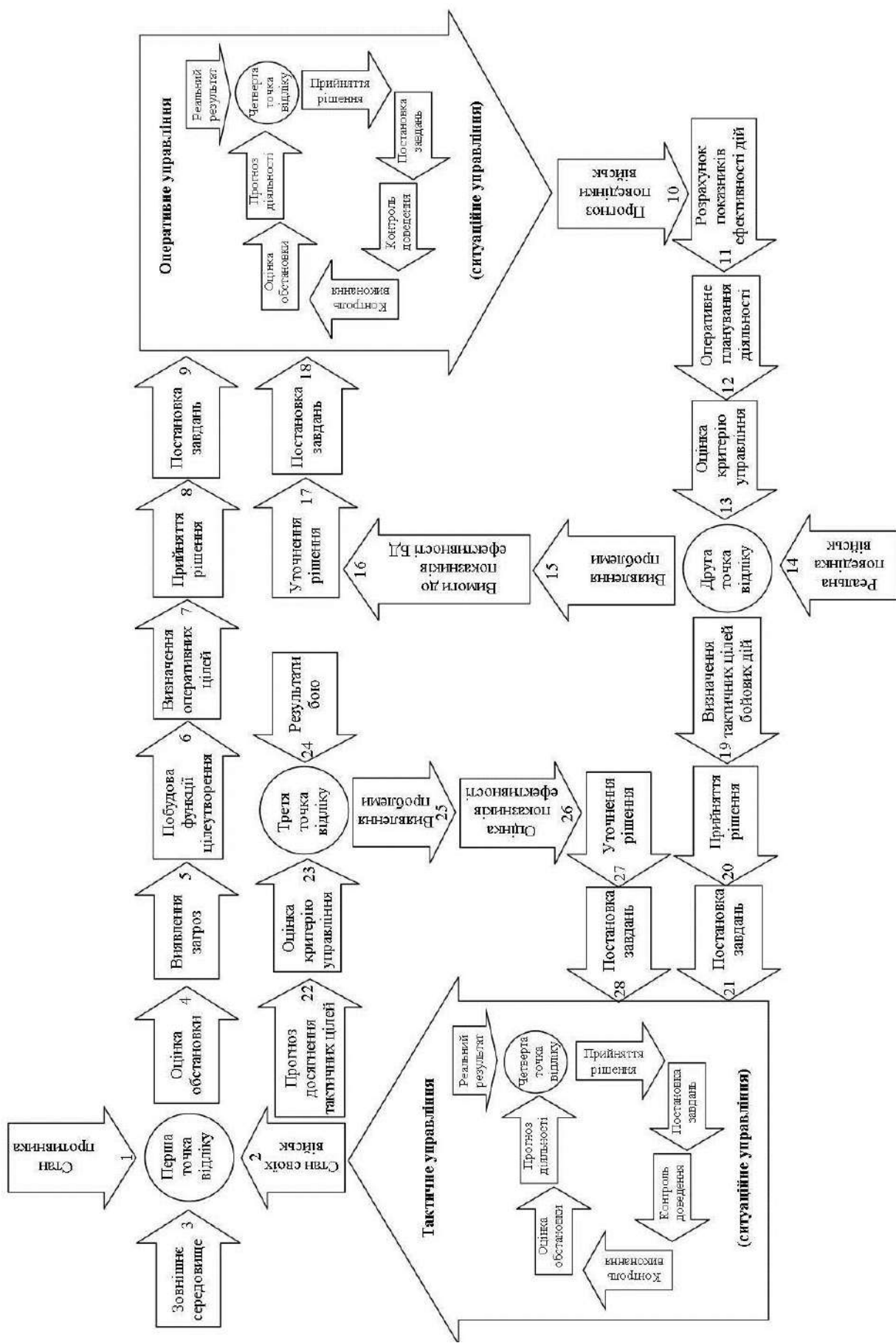


Рис. 2.2. Адаптивна структура функцій ієрархічної системи військового управління

Час реакції системи на зовнішні впливи має забезпечувати виконання визначених для неї функцій і завдань. Так, наприклад, у ході управління угрупованнями авіації і протиповітряної оборони ПС потрібний час реакції системи управління на зміни повітряної обстановки складатиме терміни часу у секундному вимірюванні.

Цей цикл управління та прийняття у ньому рішень називається оперативним (за часовими показниками) циклом управління.

Така система із змінними параметрами структури називається адаптивною до змін обстановки і вирішити проблеми створення такої системи можливо лише у поєднанні функцій параметричної і структурної адаптації.

Отже, зазначені наукові підходи (розглянуті принципи) та визначена адаптивна структура функцій військової системи управління дозволяє сформулювати основні вимоги до структури військового управління:

- організаційна структура системи управління має передусім відображати мету і завдання військової організації, а, отже, бути підпорядкованою процесам бойового застосування військ (сил) та їхнім потребам;

- слід передбачати оптимальний поділ функцій і завдань між органами управління й окремими посадовими особами, що забезпечує творчий характер діяльності й нормальне навантаження з урахуванням спеціалізації;

- формування структури управління слід пов'язувати з визначенням повноважень і відповідальності кожного працівника й органа управління, із установами системи вертикальних і горизонтальних зв'язків між ними;

- між функціями й обов'язками, з одного боку, повноваженнями й відповідальністю, з іншого, необхідно підтримувати відповідність, порушення якого призводить до дисфункції системи управління у цілому;

- організаційна структура управління має бути адекватною соціальному середовищу організації, що виявляє істотний вплив на вирішення проблем щодо рівня централізації й деталізації, розподілу повноважень і відповідальності, ступеня самостійності й масштабів контролю керівного складу.

Практично це означає, що спроби копіювати структури системи управління, що успішно функціонують в інших умовах та в іншому середовищі, не гарантують бажаного результату.

Об'єктивно військова система управління Повітряних Сил ЗС України під керівництвом командувача (командирів) через організаційну структуру намагається реалізувати бажані властивості для досягнення головної мети управління – отримати задану ефективність бойових дій.

Звичайно до такої структури мають ставитися певні вимоги.

Головні із цих вимог можуть бути сформульовані так:

– **оптимальність** – структура управління визнається оптимальною, якщо між ланками управління на всіх рівнях устанавлюються раціональні зв'язки при найменшій кількості рівнів управління;

– **оперативність** – суть даної вимоги в тому, щоб за час від прийняття рішення до його виконання в керованій системі не встигнули відбутися незворотні негативні зміни, які роблять непотрібною реалізацію прийнятих рішень;

– **надійність** – структура апарату управління має гарантувати достовірність передачі інформації, не допускати викривлень управляючих команд та інших даних, забезпечувати безперебійність зв'язку в системі управління;

– **економічність** – завдання в тому, щоб завдяки управлінню потрібна ефективність функціонування системи досягалась з мінімальними витратами на організацію процесу управління та на утримання апарату управління в певній структурі. Критерієм цього може служити умова знаходження більшого значення приросту показника ефективності бойових дій, співвіднесеного до витраченої одиниці ресурсного забезпечення;

– **гнучкість** – здатність відповідати на зміни зовнішнього середовища;

– **стійкість структури управління** – незмінність її основних властивостей за різних зовнішніх впливів, цілісність функціонування системи управління та її елементів.

Але система управління Повітряних Сил має особливі властивості, які пов'язані з умовами ведення збройної боротьби у повітрі.

Так обстановка, на яку має реагувати система управління, характеризується малими значеннями часу зміни ситуацій (на тактичному рівні зміни складають десятки секунд, на оперативному рівні – декілька хвилин, на стратегічному рівні – десятки хвилин).

Саме тому класичні вимоги, що наведені вище, мають бути уточненими з точки зору вирішення покладених на систему управління Повітряних Сил завдань, що, в свою чергу, обумовлює необхідність удосконалення науково-методичного апарату теоретичних основ синтезу структури системи управління Повітряних Сил з урахуванням особливостей ведення сучасної збройної боротьби.

2.3. Функціонально-цільовий метод синтезу структури органів управління системи управління Повітряних Сил

Методи побудови організаційних структур управління, що застосовуються у Збройних Силах України, характеризуються надмірно нормативним характером, недостатньою різноманітністю, використанням типових рішень. Такий підхід не дозволяє адаптувати структуру органів управління до умов збройної боротьби, які постійно змінюються у часі [14].

Існуючі методи формування структур органів управління ґрунтуються на таких засадах:

- початок формування здійснюється з визначення кількості керівних посад і чисельності персоналу;
- незмінний набір органів управління в різних умовах;
- надання функцій окремим структурам, які їм не притаманні;
- на перший план виносяться не оперативні, а адміністративні функції, які не включають напруженість роботи, значні обсяги знань й умінь щодо виконання штабних функцій в ході ведення бойових дій;
- використання застарілих схем управління, що не дозволяють адаптувати структури управління (з урахуванням значень показників ефективності функціонування системи управління) до сучасних умов ведення збройної боротьби.

Існуючий підхід не дозволяє ефективність структури органів управління ПС виносити на перший план у ході виконання бойових завдань у сучасних умовах ведення збройної боротьби.

Отже, проблема знаходиться у виборі й розвитку методичних підходів під час проектування адаптивної структури органів управління системи управління ПС у різних умовах бойової обстановки, що має забезпечувати достатній рівень ефективності ведення збройної боротьби у повітрі.

Основними вимогами в ході формування структур органів воєнного управління є [15]:

- наявність у системі структур органів управління з лінійними і штабними повноваженнями;
- раціональний розподіл повноважень і відповідальності в ієрархічній структурі органів військового управління;
- безальтернативність функціонально-цільовому способу формування замислу ведення операції (бойових дій);
- раціональність замислу операції (бойових дій), що передбачає наявність ієрархічного дерева цілей, яке навантажується на дерево

відповідних способів досягнення кожної мети, реалізація яких безпосередньо залежить від обраних варіантів тактичних дій підпорядкованих військ (сил);

– можливість реалізації процесів самоорганізації ієрархічних структур управління, що дозволяє оптимізувати ефективність бойового застосування військ (сил) в ході ведення операції (бойових дій);

– реалізацію прогностичної функції військової науки, що робить будь-який прийнятий замисел операції (бойових дій) комплексним, контрольованим з точки зору досягнення поставленої мети.

З урахуванням вимог до структур органів військового управління, які обумовлені принципом системності, пропонується методичний підхід, в основі якого лежить функціонально-цільовий спосіб формування таких структур. Зміст цього способу лежить у проходженні таких етапів [18]:

– визначення цілей управління, функцій та завдань, які необхідно виконати для досягнення цих цілей;

– побудова алгоритмів виконання функцій та завдань, декомпозиція завдань на окремі задачі (операції);

– розподіл операцій між посадовими особами з урахуванням часу їх виконання, визначення можливих послідовних і паралельних гілок виконання операцій;

– визначення складу, структури органу управління (підрозділів, посадових осіб, їх функціональних обов'язків і відповідальності).

На підставі наведеного вище можна визначити послідовність проектування структури органів управління, яка наведена на рис. 2.3.

Для того, щоб здійснити проектування організаційної структури системи управління, треба мати її функціональні цілі, які визначає надсистема (блок 1). На наступному етапі спочатку визначається механізм досягнення цілей (блок 2), а потім основні завдання, які треба виконати для досягнення цілей (блок 3).

Проведення організаційного моделювання не обов'язково може здійснюватися математичними методами, іноді достатньо провести мислене моделювання, аналіз виконання підзадач в ієрархії їх виконання.

Згідно з блоком 5 здійснюється перевірка достатності завдань і повноти врахованих цілей. На наступному етапі здійснюється визначення структурних рівнів управління (блок 6).

Наприклад, командування ПС є органом управління оперативно-стратегічного рівня, який визначає оперативні цілі визначення оперативних цілей (із стратегічних) і ставить оперативні завдання (шляхом прийняття відповідного рішення).

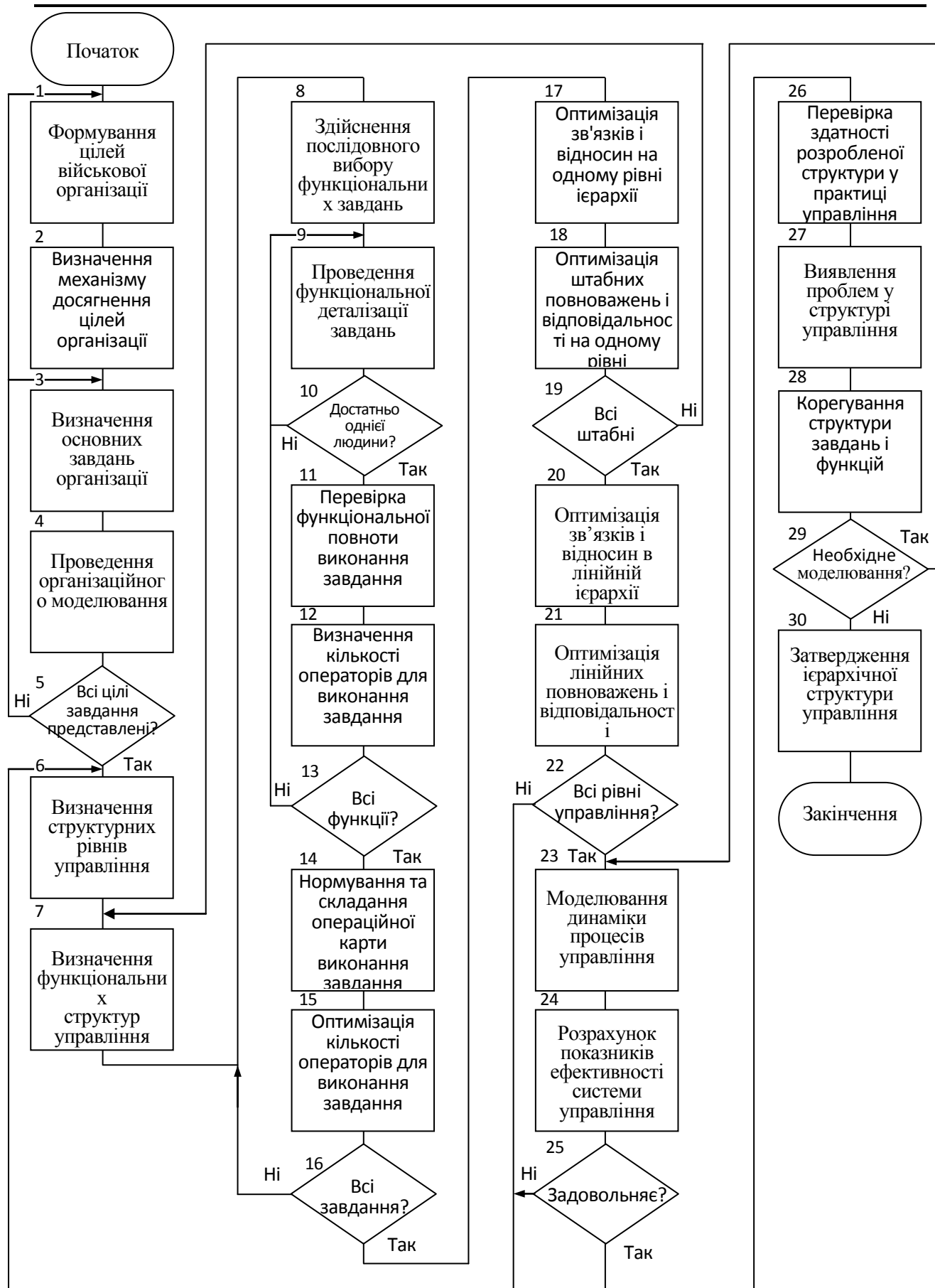


Рис. 2.3. Схема послідовності визначення структури управління військової організації

Зі зростанням кількості Повітряних командувань (органів управління оперативно-тактичного рівня) більше 5 – 7, може виникнути необхідність формування органу управління оперативного рівня.

Оскільки такої ситуації не виникає, залишається варіант, коли між командуванням ПС і командирами з'єднань і частин має знаходитися один орган управління з наданням йому лінійних повноважень щодо перетворення оперативних цілей в тактичні з постановкою тактичних завдань командирам з'єднань і частин [3].

Згідно з блоком 7 визначаються функціональні структури, які мають бути у складі військової організації для досягнення поставлених цілей і виконання відповідних завдань.

До таких структур мають належати: штаб, структура управління авіацією, протиповітряною обороною, комплексною розвідкою, вогневим ураженням, всі структури оперативного (бойового) забезпечення, озброєння і тилу тощо.

Для кожної функціональної структури здійснюється формування відповідних завдань (блок 8), які послідовно деталізуються (блок 9) до того моменту, коли для виконання завдання (роботи, функції) буде потрібна тільки одна людина (блок 10).

Деталізація обраного завдання на цьому закінчується і перевіряється функціональна повнота його виконання, пропуски часткових операцій й завдань не допускається (блок 11).

На наступному кроці формується операційна схема (органограма) і розраховується загальна (максимальна) кількість операторів для виконання функціонального завдання (блок 12).

Після перевірки (блок 13) огляду всіх деталізованих функцій (часткових завдань, робіт) можна приступати до виконання нового етапу проектування – етапу оптимізації кількісного складу окремих структур. Цей етап починається з нормування й уточнення операційної карти, яка забезпечує виконання певного завдання (блок 14).

Згідно з блоком 15 здійснюється процедура оптимізації кількості операторів для виконання конкретного завдання функціональної структури.

Суто математичних методів для оптимізації структур управління не існує, не має й таблиці множення – помноживши на коефіцієнт й отримавши чисельність структури.

Процес оптимізації полягає у знаходженні такої найменшої кількості структури органів управління військової організації, за якої за відведений час виконується завдання з достатньою ефективністю [4].

Наприклад, для прийняття рішення командувачу Повітряних Сил відводиться конкретний час. Створюється часовий графік виконання робіт (операцій), які дозволяють відпрацювати всі складові рішення.

Всі процеси здійснюються за безпосередньої участі командувача Повітряних Сил, він має особисто визначати цілі збройної боротьби у повітрі, формувати стратегію застосування військ (сил), бачити всі операції, що проводяться підпорядкованими органами управління, регулювати вихідні дані для проведення розрахунків, визначати критерій вибору відповідних альтернатив в ході підготовки пропозицій до вирішення й головне – спрямовувати діяльність допоміжних органів управління на досягнення головної мети збройної боротьби у повітрі.

У ході оптимізації кількісного складу загальний час розділяється за етапами прийняття рішення, за кожною операцією, що проводяться органами управління, оцінюється можливість проведення однієї частки операцій паралельним способом, іншої частини операцій – послідовним.

На кінцевому етапі отримується сітьовий часовий графік, у якому можна побачити умовні позначки на кожний час із зазначенням найменшування операцій і кількості осіб, задіяних для їхнього виконання.

Сітьовий графік вважається оптимальним, якщо із всіх створених варіантів можна обрати той, у якому виконання робіт за відведений час здійснюється меншою кількістю посадових осіб.

Іншим критерієм оптимальності може стати мінімізація часу виконання всіх завдань і операцій.

Слід враховувати, що кожна операція має нормуватися відповідними посадовими особами, значення цих норм відпрацьовується в ході виконання заходів оперативної підготовки.

Після перебору всіх визначених завдань (блок 16), можна приступати до оптимізації зв'язків і відносин між різними органами управління (блок 17) на одному рівні управління, а також до оптимізації штабних повноважень і відповідальності посадових осіб за виконання поставлених завдань (блок 18).

Якщо всі функціональні структури розглянуті (блок 19), можна приступати до оптимізації зв'язків і відносин (блок 20) між органами оперативно-стратегічного, оперативно-тактичного та тактичного рівнів управління.

Повнота делегування лінійних повноважень та їх узгодженість між собою (блок 21) дозволяє закрити проблемні питання у всій ієрархії управління збройною боротьбою у повітрі.

Після перебору всіх рівнів управління (блок 22) можна приступати до

моделювання процесів управління в обраній структурі (блок 23). Якщо значення показників ефективності управління (блок 24) задовольняють (блок 25), обрана структура затверджується для апробації на практичних заходах оперативної підготовки (блок 26).

Це дозволяє виявити проблемні питання, уточнити час для виконання окремих операцій (блок 27) і внести зміни (блок 28).

Після усунення недоліків і проблемних питань можна провести повторне моделювання (блок 29) і завершити формування досліджуваної функціональної структури управління (блок 30).

Отже, в монографії наведений методичний підхід до проектування структури органів управління системи управління ПС у різних умовах бойової обстановки, що забезпечує достатній рівень ефективності ведення збройної боротьби у повітрі та враховує вимоги принципу системності. В основі цього підходу лежить функціонально-цільовий спосіб формування структур органів управління.

Слід відмітити, що для остаточного рішення потрібна практична перевірка проектних результатів. Із цією метою потрібно здійснювати експериментальну перевірку, у ході якої можна виявити приховані дефекти отриманих результатів, а також можливі труднощі психологічного, штатного, матеріально-технічного й іншого характеру в ході його впровадження в практику.

Розглянемо застосування розробленого функціонально-цільового методу при обґрунтуванні структури органів управління Повітряних Сил оперативного і стратегічного рівнів.

Підкреслимо, що головними завданнями органів управління оперативного і стратегічного рівнів управління Повітряними Силами є розпізнавання головної мети, оперативних цілей і всього замислу дій повітряного противника.

А звідси доцільно сформулювати часткові завдання органів управління, які мають включати: формування головної мети бойових дій з проти повітряної оборони, вогневого ураження, комплексної розвідки, побудови структури оперативних цілей ведення бойових дій, що дозволить визначити загальний замисел дій, розподілити сектори відповідальності, закріпити групи цілей за оперативними і тактичними зонами централізованого розподілу повітряних цілей, здійснити розподіл ресурсу сил і засобів, визначити зони (сектори) зосередження (розосередження) зусиль, відстежувати значення показників ефективності бойових дій і коригувати дії підпо-

рядкованих військ (сил) в ході виконання поставлених завдань тощо.

Для вирішення зазначених завдань доцільно організувати єдине сприймання вихідної інформації щодо оцінки повітряного противника, стану своїх військ (сил), відданих розпоряджень.

Виконання обов'язків органами управління здійснюється із застосуванням алгоритму, що наведений на рис. 2.4.

Згідно з блоками 1–9 (рис. 2.4) допоміжні органи управління (начальники родів військ і сил) паралельно здійснюють оцінку обстановки, формують пропозиції щодо замислу бойового застосування підпорядкованих військ (сил), оцінюють ефективність пропозицій, які подають в центр узагальнення обстановки і формування єдиного замислу (блоки 10–12).

Якщо часткові замисли бойового застосування за родами військ (сил) задовольняють вимоги щодо досягнення головної мети бойових дій, командувач Повітряних Сил дає завдання підготовки бойових наказів і розпоряджень (блоки 13–15), які й надходять у війська (блок 16).

Створений метод обґрунтування структури органів управління має базуватися на алгоритмах їхньої роботи та застосовуватися як при плануванні, так і в ході ведення бойових дій.

Зміст процесу формування структури органів управління значною мірою універсальний. Він включає послідовність взаємозалежних етапів:

- формулювання цілей і завдань;
- визначення складу й місця підрозділів;
- ресурсне забезпечення (включаючи чисельність працюючих);
- розробку регламентуючих процедур, документів, положень, що закріплюють і регулюють форми, методи, процеси, які здійснюються в організаційній системі управління.

Процес формування структури органів управління можна згрупувати в три стадії:

- формування загальної структурної схеми апарата управління;
- розробка складу основних підрозділів і зв'язків;
- регламентація організаційної структури.

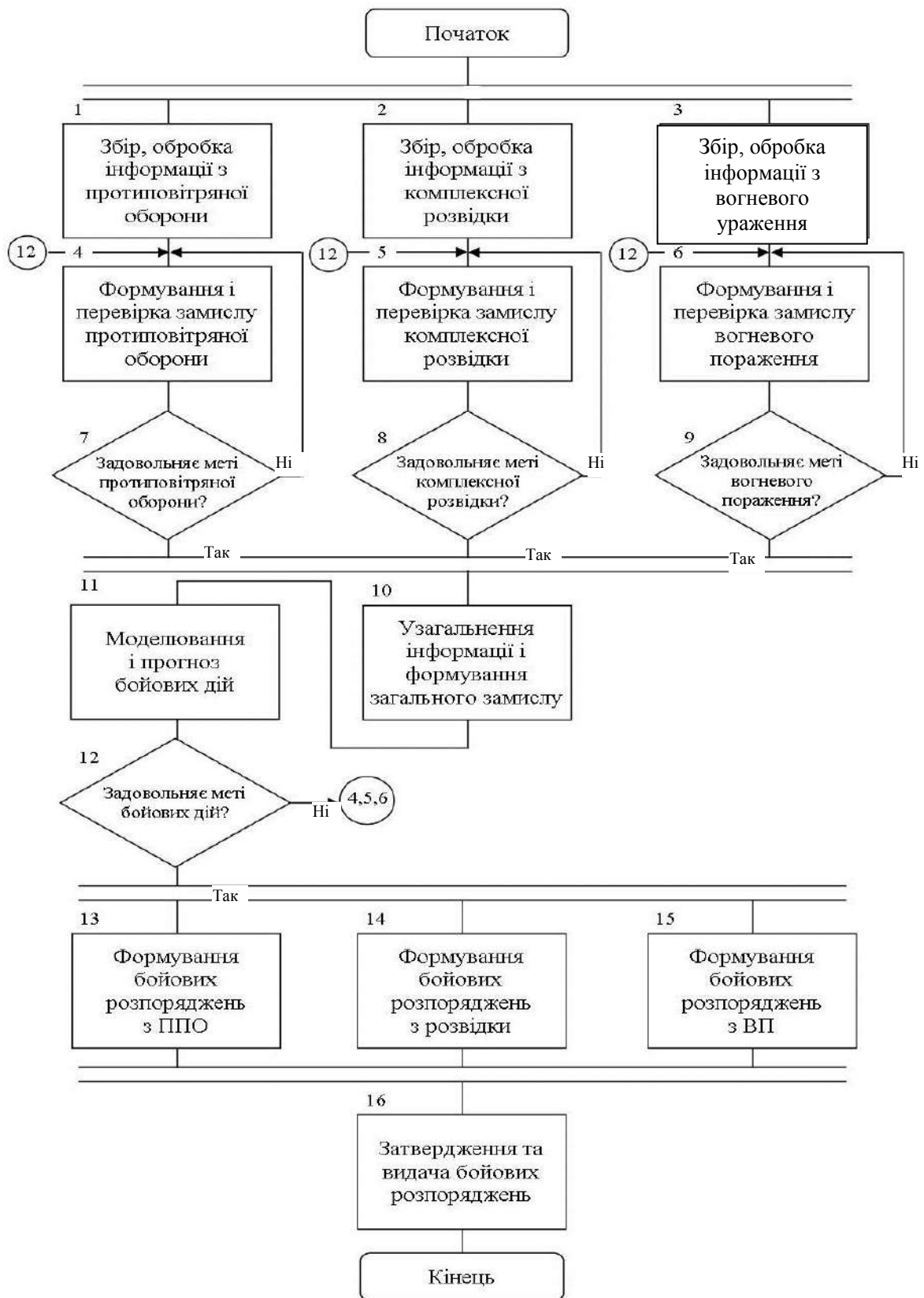


Рис. 2.4. Метод роботи органів управління з дотриманням принципу єдиноначальності і принципу врахування пропозицій допоміжних органів управління
Перша стадія. Формування загальної структурної схеми у всіх

випадках має принципове значення, оскільки при цьому визначаються істотні характеристики організації, а також напрямки, за якими має бути здійснене більш детальне проектування як організаційної структури, так і інших основних елементів системи.

До принципових характеристик організаційної структури органів управління, які визначаються на цій стадії, можуть належати:

- ланцюги управлінської і виконавчої системи й проблеми, що підлягають вирішенню;
- загальну специфікацію функціональних і програмно-цільових підсистем, що забезпечують досягнення визначених цілей;
- ступінь централізації й децентралізації повноважень і відповідальності на різних рівнях управління;
- кількість рівнів у системі управління;
- вимоги до механізмів функціонування структур, форм обробки інформації, кадрового забезпечення організаційної системи;
- основні форми взаємин даної організації із зовнішнім середовищем.

Друга стадія. Реалізація організаційних рішень не тільки для визначення лінійно-функціональних і програмно-цільових блоків, але й для формування самостійних (базових) підрозділів апарата управління, розподіл конкретних завдань між ними й побудова організаційних зв'язків всередині є основною особливістю другої стадії процесу проектування організаційної структури управління.

Під базовими підрозділами розуміються самостійні структурні одиниці (відділи, управління, центри, вузли тощо), на які організаційно розділяються лінійно-функціональні й програмно-цільові підсистеми. Базові підрозділи можуть мати свою внутрішню структуру.

Третя стадія (регламентація організаційної структури) передбачає розробку кількісних характеристик апарата управління й процедур управлінської діяльності. Дана стадія включає:

- визначення складу внутрішніх елементів базових підрозділів (відділи, групи і посади);
- визначення проектною кількості підрозділів, трудомісткості основних видів робіт;
- визначення кваліфікаційного складу виконавців;
- розподіл завдань і робіт між конкретними виконавцями, визначення відповідальності за їх виконання;
- розробку порядку взаємодії підрозділів під час виконання

взаємозалежних комплексів робіт;

- розробку процедур виконання управлінських робіт у підрозділах;
- розрахунки витрат на управління й показників ефективності апарата управління в умовах проектованої організаційної структури.

У випадку, коли необхідно проводити детальну регламентацію відповідальності на окремих етапах розробки й прийняття рішень під час виконання особливо складних завдань, що вимагають взаємодії багатьох ланок і рівнів управління, розробляються специфічні документи, які мають назву органограм.

Органограма (або її можна назвати операційною схемою, алгоритмом виконання завдань) є графічним трактуванням процесу виконання управлінських функцій, їх етапів й внутрішніх робіт, що описує розподіл між підрозділами, їх внутрішніми структурними органами й окремими працівниками організаційних процедур розробки й прийняття рішень.

Поєднання організаційного алгоритму механізму управління з алгоритмом технологічної обробки інформації, що здійснюється шляхом побудови органограми, дозволяє узгодити процес раціоналізації технологічних маршрутів й інформаційних потоків з упорядкуванням взаємозв'язків між структурними елементами системи управління, які виникають при організації злагодженого виконання завдань і функцій.

В ході формування² структур програмно-цільового управління поряд з органограмами можна розробляти карти (матриці) розподілу прав і відповідальності між органами лінійно-функціональної й програмно-цільової структур.

У цих документах більш детально й наочно, ніж в органограмах, фіксуються загальні права прийняття рішень, розділена відповідальність декількох органів за різні аспекти одного результату, роль колегіальних і консультативних органів прийняття рішень.

Сукупність документів, розроблених на всіх стадіях проектування, разом з пояснювальною запискою складають проект організаційної структури управління. Для виконання повного переліку робіт потрібно кожен етап створення відповідних структур перевіряти на практиці й лише потім після проведення таких ітераційних етапів можна отримати певну раціональну структуру органів управління.

Висновки за розділом 2

1. Теоретичні основи формування складних організаційно-технічних систем можна розглядати як складову декількох теорій, а саме: теорії управління, теорії воєнного мистецтва, теорії організацій, теорії системного аналізу, теорії прийняття рішень.

2. Процес побудови системи управління тісно пов'язаний з визначенням та формуванням структури – аспектом системи, якій відображає організацію системи, її внутрішню будову, тобто взаємне розташування частин, які складають одно ціле для досягнення цілей управління шляхом реалізації відповідних функцій. Функція управління військами безпосередньо реалізується спеціально створеними з цією метою органами військового управління, які зведені в єдину систему з відповідною структурою.

3. В ході формування складної організаційно-технічної системи та визначення її структури застосовуються класичні принципи, які відображають закономірності збройної боротьби у цілому, а також закономірності щодо управління військами при їх бойовому застосуванні, а саме: принципи воєнного мистецтва, принципи військового управління, принципи побудови системи управління та її складових.

4. Функціонально-цільовий метод обґрунтування структури органів управління системи управління дозволяє визначити структуру підсистеми органів управління (кожного окремого органу управління), збалансовану з точки зору розподілу та виконання функцій і завдань управління в конкретних умовах обстановки за рахунок використання методики визначення підрозділів у структурі органів управління шляхом органів управління шляхом групування взаємопов'язаних завдань.

Список літератури до розділу 2

1. Воробйов Г. П. Методичні підходи до обґрунтування перспективної структури системи управління військами (силами). Збірник наукових праць ОНДІ ЗС. Х.: ОНДІ ЗС, 2006. №3(5). С.3–15.

2. Долгополов А. В. Основные подходы к совершенствованию организационной структуры органов управления межвидовыми группировками войск (сил) в современных условиях ведения военных действий. Военная мысль. 2012. № 3. С. 34–41.

3. Дузь-Крятченко О. П., Пунда Ю. В., Грищенко В. П., Грицай П. М., Гудим В. М., Даник Ю. Г., Єфіменко В. І., Клименко В. С., Козинець І. П., Косецов В. О., Корж В. В., Лисицин Е. М., Мінеєв П. А., Нечхаєв С. М., Панкратов Є. Є., Петренко М. І., Руснак І. С., Сальнікова О. Ф. *Основи стратегії національної безпеки та оборони держави: підручник*. К.: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2015. – 620 с.

4. Коваль В. В., Ткачов В. В., Жарик О. М. *Можливі підходи до визначення раціонального варіанту складної системи військового призначення*. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2011. № 2. С. 7–9.

5. *Основы теории и методологии планирования строительства Вооруженных Сил РФ*: Квашинин А. В. (ред.) М.: Воентехиздат, 2002. – 232 с.

6. Смирнов Е. Б., Ткаченко В. И, Нерубацкий В. Е. *Концептуальные подходы к оценке устойчивости и адаптивности сложных организационных систем управления*. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. 2013. № 3(36). С.3–7.

7. Ярош С. П. *Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони: монографія*: Кириченко І. О. (ред.) Харків: ХУПС, 2011. – 512 с.

8. Смірнов Є. Б., Ткаченко В. І., Шмаков О. М., Малюга В. Г. *Методологія наукових досліджень в галузі оперативного управління військами (силами)*. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2017. № 1(26). С. 21-26.

9. Шмаков О. М. *Словник офіцера внутрішніх військ з воєнно-наукових питань*. Харків: Військ. ін-т ВВ МВС України, 2009. – 362 с.

10. Шмаков О. М. *Тлумачний словник офіцера протиповітряної оборони з оперативно-тактичної підготовки*. Харків: ХВУ, 2000. – 122 с.

11. *Лингвистический энциклопедический словарь*: Ярцева В. Н. (глав. ред.) М.: Большая российская энциклопедия, 2007. – 709 с.

12. *Новий тлумачний словник української мови у чотирьох томах*. Том 4. К.: Аконт, 1998. – 944 с.

13. Латфуллин Г. Р., Райченко А. В. *Теория организации: Учебник для вузов*. СПб.: Питер, 2007. – 395 с.

14. Ткаченко В. І., Дробаха Г. А., Смірнов Є. Б., Тристан А. В. *Теорія прийняття рішень органами військового управління: монографія*. Харків: ХУПС, 2008. – 545 с.

15. Ткаченко В. І., Смірнов Є. Б. Принцип системності у воєнному мистецтві. Ведення збройної боротьби у повітрі. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. 2016. № 4(49). С.18–22.

16. Bodyanskiy Y., Vynokurova O. Hybrid adaptive wavelet-neuro-fuzzy system for chaotic time series identification. Information Sciences. 2013. No 220, С. 170-179.

17. Загорка О. М., Коваль В. В., Малюга В. Г., Тюрін В. В., Загорка О. І. Особливості та принципи побудови мережецентричної системи управління угруповання військ (сил). Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. 2016. № 3(48). С. 7-11.

18. Малюга В. Г. Методичний підхід до проектування структури органів управління Повітряних Сил. Системи озброєння та військова техніка. 2016. № 4(48). С. 123-126.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ДЕГРАДАЦІЇ СКЛАДНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Моделі деградації складної організаційно-технічної системи

3.2. Метод деградації складної організаційно-технічної системи із застосуванням поліедрального аналізу

3.3. Метод деградації складної організаційно-технічної системи із застосуванням когнітивної моделі

Розділ 3

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ДЕГРАДАЦІЇ СКЛАДНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

У ході ведення бойових дій складна організаційно-технічна система може зруйнуватися через зовнішні та внутрішні впливи, що мають різну інтенсивність. Дане руйнування розглядається не в контексті фізичного знищення елементів системи, а у нездатності складної системи досягати цілей функціонування. Для технічної системи дане руйнування пов'язане зі структурною складовою (порушення зв'язків), а для складної організаційно-технічної системи також і з функціональним руйнуванням. Отже, виникає проблема побудови комплексної моделі руйнування організаційно-технічної системи, що враховує як структурне, так і функціональне руйнування системи.

3.1. Моделі деградації складної організаційно-технічної системи

3.1.1. Показники та критерії структурної деградації складної організаційно-технічної системи

Зміни структури системи можуть бути разовими, а можуть бути постійними (періодичними, регулярними). Для другого випадку, який зустрічається на практиці функціонування складної організаційно-технічної системи доцільно ввести поняття структурної динаміки – зміна структури системи з часом.

Структурні зміни в складних системах можуть мати як позитивний характер (підвищення ефективності функціонування системи за рахунок структурних змін), так і негативні зміни, коли за рахунок зміни структури складна система знижує свою ефективність. Ситуацію, коли складна організаційно-технічна система буде нездатна досягати мети функціонування, називатимемо її деградацією. Структурна деградація складної організаційно-технічної системи – це деградація, що обумовлена зміною її структури (поняття структури вводилося в першому розділі монографії). Відразу зауважимо, що деградація складної організаційно-технічної системи

не завжди є незворотним процесом, існує можливість відновлення її функціональності за умови витрати часу τ та ресурсу r .

Основною задачею моделювання структурної деградації складної системи є визначення умов, за яких система може перейти в критичний стан.

Початкові причини руйнування системи можуть бути як внутрішні, так і зовнішні.

Перехід системи в критичний стан означає, що в ній почався процес структурної деградації, але це не означає у загальному випадку, що вона остаточно припинила функціонувати.

Систему можна вважати зруйнованою тільки в тому випадку, коли зміни, що відбулися в її структурі, задовольнятимуть критерії структурної деградації. Тому, однією з основних характеристик у моделі структурної деградації є показник часу – $T_{\text{стр.д}}$, який відображає тривалість самого процесу від початку до завершення даного виду деградації [1].

Розглядаючи даний показник, слід зауважити, що система, яка перейшла в критичний стан і почала деградувати за структурною ознакою, не завжди деградується (перестає досягати цілей функціонування). У даному випадку говоримо про наближення значення показника $T_{\text{стр.д}} \rightarrow \infty$.

Для складної організаційно-технічної системи, яка в процесі ведення бойових дій знаходиться в процесі деградації, значення даного часу меншим за час ведення бойових дій свідчить про здатність системи досягти цілей функціонування.

Оскільки у теоретико-графовому підході до формалізації складної системи структура системи виглядає у вигляді графа, то показниками структурної деградації буде:

- кількість вершин графа – V ;
- кількість ребер графа – E ;
- кількість вершин, що видалені зі структури як функція часу $v_p(t)$, $t \leq T_{\text{стр.д}}$, $v_p \subseteq V$;
- кількість ребер, що видалені зі структури як функція часу $\varepsilon_p(t)$, $t \leq T_{\text{стр.д}}$, $\varepsilon_p \subseteq E$;
- поточне завантаження вершини графа $w(v)$, $v \subseteq V$;
- критичне завантаження (за яким настає деградація) вершини графа $w_p(v)$, $v \subseteq V$;
- поточне завантаження ребра графа $w(\varepsilon)$, $\varepsilon \subseteq E$;

– критичне завантаження (за яким настає деградація) ребра графа $w_p(\varepsilon)$, $\varepsilon \subseteq E$.

З метою побудови моделі структурної деградації складної організаційно-технічної системи вводяться критерії деградації:

– критерій повної вершинної деградації $\sigma_0(v_p)$. Складна система деградована, якщо з графа будуть видалені всі вершини. Даний критерій залежить від одного параметру v_p – кількості видалених вершин і застосовується за умови $|v_p| = |V|$;

– критерій часткової вершинної деградації $\sigma_1(v_p, N_p^V)$. Складна система деградована, якщо з графа буде видалено число вершин не менше заданого N_p^V . Даний критерій залежить від двох параметрів v_p – кількості видалених вершин, заданої кількості видалених вершин N_p^V , та застосовується за умови $|v_p| < N_p^V$. При $N_p^V = |V|$ критерій часткової вершинної деградації співпадає з критерієм повної вершинної деградації;

– критерій повної реберної деградації $\sigma_2(\varepsilon_p)$. Складна система деградована, якщо з графа будуть видалені всі ребра. Даний критерій залежить від одного параметра ε_p – кількості видалених ребер і застосовується за умови $|\varepsilon_p| = |E|$;

– критерій часткової реберної деградації $\sigma_3(\varepsilon_p, N_p^\varepsilon)$. Складна система деградована, якщо з графа будуть видалені ребра, не менше заданої N_p^ε . Даний критерій залежить від двох параметрів ε_p – кількості видалених ребер, заданої кількості видалених вершин N_p^ε і застосовується за умови $|\varepsilon_p| < N_p^\varepsilon$. При $N_p^\varepsilon = |E|$ критерій часткової реберної деградації співпадає з критерієм повної реберної деградації;

– критерій зв'язаності $\sigma_4(v_p)$. Складна організаційно-технічна система деградована, якщо порушена її зв'язаність при видаленні вершин. Критерій залежить від одного параметра v_p – кількості видалених вершин, що призводить до втрати зв'язаності графа;

– компонентний критерій $\sigma_5(v_p, m)$. Складна організаційно-технічна система деградована, якщо кількість компонент графа в її структурі буде не менше за m . Компонентний критерій залежить від двох параметрів –

кількості видалених вершин v_p і кількості компонент, на які розпадається складна система. При $m = 1$ цей критерій співпадає з критерієм зв'язаності;

– діаметральний критерій $\sigma_6(v_p, D)$. Складна організаційно-технічна система деградована, якщо діаметр хоча б однієї з компонент структури системи в процесі руйнування буде меншим за задане число D . Діаметральний критерій залежить від двох параметрів – кількості видалених вершин v_p і D – мінімально допустимого значення діаметру компоненти структури при її деградації – D . Застосування даного критерію пов'язане з поняттям діаметру графа.

Множина $G(v, \varepsilon, t)$, вершин, ребер видалених зі структури складної системи в момент часу t називатимемо епіцентрами структурної деградацією. Вочевидь, що для критеріїв $\sigma_0 - \sigma_3$ аргумент чисельно дорівнює кількості епіцентрів структурної деградації.

3.1.2. Показники та критерії функціональної деградації складної організаційно-технічної системи

Функціональна деградація, на відміну від структурної, не пов'язана зі зміною структури складної системи, тим не менш вона властива для організаційно-технічних систем. На відміну від технічних систем, для яких видалення вершини чи ребра зі структури є ознакою деградації за певним критерієм, що були розкриті у попередньому підрозділі монографії, для організаційно-технічних систем ознакою деградації є нездатність виконувати функціональне призначення із заданою ефективністю [1].

Якщо критерії структурної деградації були розглянуті з позиції теоретико-графового підходу до формалізації складної системи, то критерії функціональної деградації мають спиратися на ВФО-метод формалізації.

Як і для структурної деградації, важливим показником функціональної деградації є час $T_{ф.д.}$, що відображає час всього процесу деградації.

До часових показників належить також:

- час функціонального перетворення $t_{роб.}$;
- час функціонування вузла $t_{функц.}$

До функціональних показників належить:

- кількість функцій, що виконується вузлом у даний час $N_{ф.}(v, t)$;
- безліч споріднених функцій, що можуть виконуватися за потреби даним вузлом.

Показники вхідного інформаційного потоку.

Інтенсивність інформаційного потоку, що надходить у вузол v за час t для його функціонального перетворення $\varepsilon_v(t)$.

Міра невизначеності інформаційного потоку, що надходить у вузол v за час t : $\mu_v(t)$. Вважаємо, що вузол складної організаційно-технічної системи, виконуючи функції за призначенням, зменшує невизначеність вхідної інформації до деякого рівня, перетворена інформація (зі зменшеною невизначеністю) передається споживачу (наступному вузлу).

Цінність інформації для досягнення мети функціонування складної системи, що надходить у вузол v за час t : $\omega_v(t)$.

Під цінністю інформації в даному дослідженні розуміють міру впливу даної інформації на кінцеву ефективність функціонування складної системи.

Показники вихідного інформаційного потоку:

Інтенсивність вихідного інформаційного потоку, що виходить з вузла v за час t : $\varepsilon'_v(t)$.

Міра невизначеності інформаційного потоку, що виходить з вузла v за час t : $\mu'_v(t)$.

Цінність інформації для досягнення мети функціонування складної системи, що виходить з вузла v за час t : $\omega'_v(t)$.

Виходячи з даних показників, з метою побудови моделі функціональної деградації складної організаційно-технічної системи введемо критерій функціонального руйнування складної системи:

– критерій функціонального перетворення $\sigma_7(f, N)$. Складна система вважається зруйнованою, коли кількість функцій, що виконується вузлами системи стає менше за задану кількість функцій N . Даний критерій залежить від двох параметрів – кількості функцій, що виконується вузлами $f \leq N_\phi$ та мінімальною кількістю функцій. У загальному випадку кількість функцій може бути більшою, ніж кількість вузлів у структурі системи;

– критичність функцій $\sigma_8(f, \{F\})$. Складна організаційно-технічна система вважається деградованою, коли набір функцій, що виконується системою, не відповідає критичному набору функцій системи $\{F\}$, під яким розуміють мінімальний набір функцій, виконання яких веде до досягнення мети функціонування системи;

– критерій інтенсивності $\sigma_9(\varepsilon, t)$. Складна система вважається деградованою на час t , коли вхідна інтенсивність потоку інформації до системи

перевищує максимально можливий рівень;

– критерій невизначеності $\sigma_{10}(\mu', t)$. Складна система вважається деградованою на час t , коли вихідна невизначеність потоку інформації з системи перевищує максимально можливий рівень;

– критерій цінності $\sigma_{11}(\omega', t)$. Складна система вважається деградованою на час t , коли вихідна цінність потоку інформації з системи менше за мінімально можливий рівень.

Зауважимо, що введені критерії функціональної деградації складної системи згідно з методологією ВФО властиві і окремим вузлам складної системи.

3.1.3. Комплексна модель деградації складної організаційно-технічної системи

Комплексність даної моделі полягає в одночасному застосуванні як показників і критеріїв структури, так і функціональної деградації складної організаційно-технічної системи. Така модель дозволить дослідити критичність вузлів системи як на структурному, так і функціональному рівні, а також провести синтез раціональних структур складних систем за функціональними ознаками стійкості до деградації [1, 2].

Позначимо через $G = (V, E)$ – граф, що відповідає структурі складної системи. Кожна вершина та ребро описується показниками $w(v)$, $w(\epsilon)$, $w_p(v)$, та $w_p(\epsilon)$.

Критерій повної вершинної σ_0 та реберної σ_2 деградації як для структурної, так і для функціональної деградації тотожний. Деградація всіх вузлів (ребер) на структурному рівні також призводить до деградації складної організаційно-технічної системи і на функціональному рівні. Відносно критерію σ_1 та σ_3 у випадку, коли поточне навантаження [3]

$$w(v) > w_p(v), \quad (3.1)$$

то вершини видаляються зі складної системи, а їх навантаження розподіляється за сусідніми елементами системи, як це наведено на рис. 3.1.

На рис. 3.1 коефіцієнти α і β є коефіцієнтами, що в загальному випадку описують розподіл навантаження видаленого вузла на суміжні вузли. При цьому виконується рівність $\alpha + \beta = 1$.

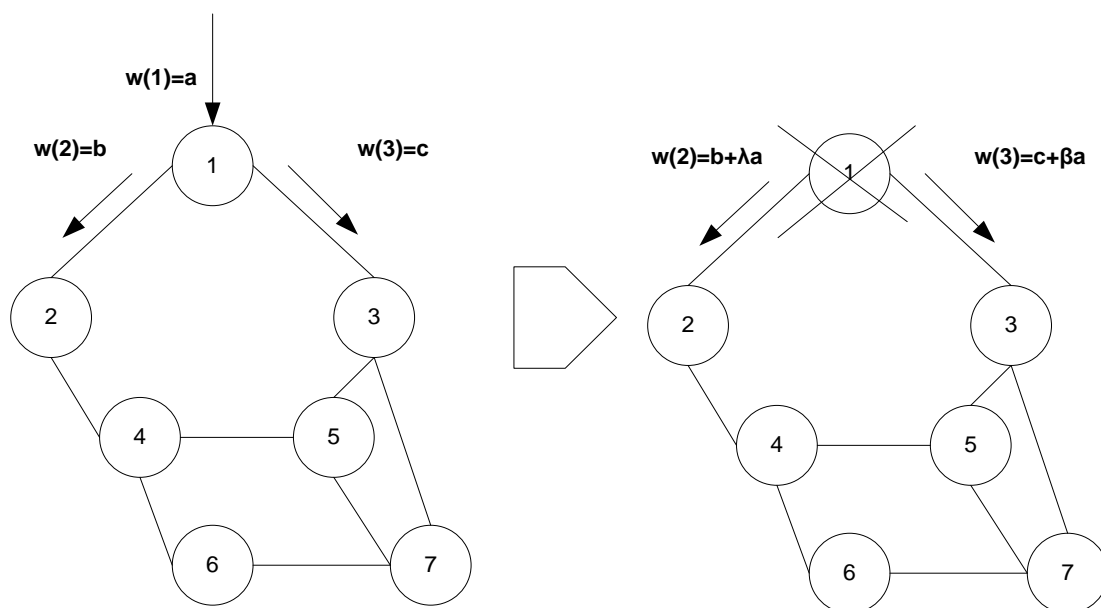


Рис. 3.1. Пояснення щодо перерозподілу навантаження при видаленні вузла зі складної системи

З позиції функціонального руйнування, якщо вузол не підтримує функцію видаленого вузла, то його коефіцієнт дорівнює нулю. Якщо жоден суміжний вузол не здатен виконувати функцію, яку виконував видалений вузол, то дана функція виводиться з переліку функцій складної системи, а сама система перевіряється на руйнування за критерієм σ_7 і σ_8 .

У випадку виконання рівності

$$w(\varepsilon) > w_p(\varepsilon), \quad (3.2)$$

зі складної системи видаляється ребро, а його навантаження перерозподіляється за іншими ребрами, як це показано на рис. 3.2.

Однак з позиції функціональної деградації, навантаження, яке має прийти на другий елемент, досягне його через 3–5–4 елементи, як показано праворуч на рис. 3.2.

При цьому, якщо навантаження розглядати з позиції інформації, яка циркулює в складній системі, то за умови відсутності функцій – перетворення даної інформації у проміжних вузлах, невизначеність інформації при досягненні другого вузла зростає.

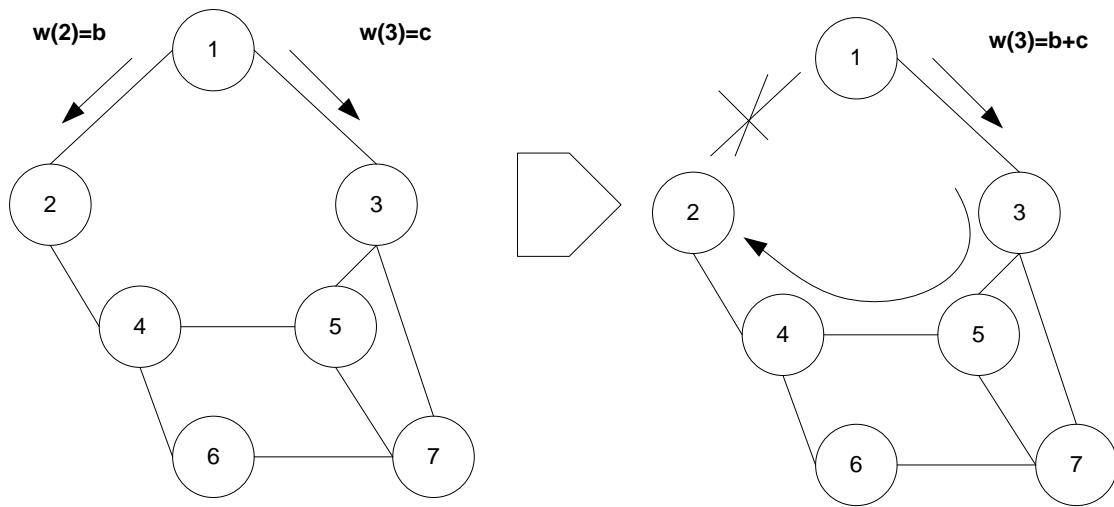


Рис. 3.2. Пояснення щодо перерозподілу навантаження при видаленні ребра зі складної системи

Оскільки мова йде про організаційно-технічну систему, то вузол (за умови відсутності фізичного знищення) не перестане виконувати покладені на нього функції через збільшення завантаження, але невизначеність інформації під час її обробки зростає, як це показано на рис. 3.3.

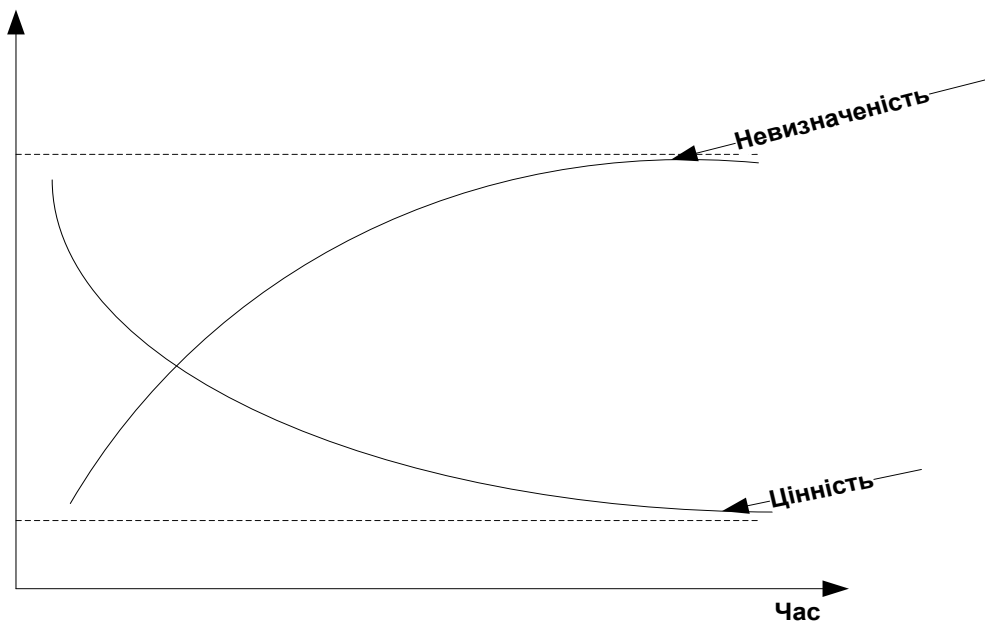


Рис. 3.3. Пояснення щодо збільшення невизначеності інформації та зменшення цінності для ефективного функціонування складної системи за умови збільшення інтенсивності впливу

Деградація структури складної системи за критерієм зв'язаності не завжди призводить до руйнування системи за функціональним критерієм.

Так при відбитті ударів повітряного противника система зенітного ракетного прикриття може втратити управління та стати незв'язаною, однак це не завадить їй виконати завдання у режимі самостійного ведення бойових дій.

Деградація структури складної системи за компонентним і діаметральними критеріями не завжди призводить до одночасного руйнування її за функціональними критеріями, оскільки існує можливість функціонування складної системи у вигляді сукупності компонент.

При цьому ефективність функціонування буде меншою за прогнозовану ефективність функціонування складної системи, але мета функціонування може бути досягнута.

3.2. Метод деградації складної організаційно-технічної системи із застосуванням поліедрального аналізу

Для впливу на складну організаційно-технічну систему з метою її подальшої деградації, а також для вирішення зворотної задачі захисту системи від деградації, необхідно розробити метод визначення «критичних точок» – тих елементів системи, вплив на які призведе до бажаного результату.

Оскільки будь-яка складна система виконує певні функції, реалізовані за допомогою потоків енергії, матерії, інформації, то аналіз структури складної системи противника, по суті, орієнтований і на визначення безлічі обмежень і напрямків (каналів), які структура здатна створити для потоків.

У цей час у математиці існує ряд традиційних підходів і напрямків, таких як теорія графів, кластерний аналіз, опис систем у просторі станів, які в тому або іншому ступені дозволяють проводити аналіз структур складних систем. Велика кількість із цих підходів фундаментальні за своєю природою та мають широку галузь застосування. Вони одержали досить значний розвиток і популярність, а їхні методи й алгоритми відіграють значну роль у моделюванні систем. Використання апарату алгебраїчної топології (поліедрального аналізу), теорії груп, теорії нечітких множин і бінарних відношень дає можливість аналізу структури системи об'єктів як складного багатовимірного геометричного утворення – симпліціального комплексу [2, 15].

Основною метою поліедрального аналізу є розгляд структури складної

системи у вигляді відношень між елементами кінцевих множин. Структура системи використовується для одержання геометричного та алгебраїчного подання системи як симпліціального комплексу, що складається з безлічі вершин, і заданого сімейства непустих підмножин цих вершин – симплексів.

Інакше кажучи, будь-яке відношення задає на множині вершин сукупність підмножин, які перетинаються, кожна з яких трактується як геометричний симплекс, а вся сукупність таких симплексів утворює симпліціальний комплекс [4, 5].

Даний підхід до опису структури складної системи дозволяє по-іншому підійти до вирішення питань, пов'язаних з вивченням складності структури системи, структури її підсистем, їх ролі та способу взаємодії.

В основі симпліціального подання лежить структура досліджуваної системи. Для коректного здійснення переходу від структури складної системи до її симпліціального подання, досліднику необхідно задати множину вершин симпліціального комплексу та визначити деяке відношення або правило, відповідно до якого вихідна множина вершин буде поділена на множину непустих підмножин, які перетинаються, – симплексів.

Вибір характеру відношення між елементами складної організаційно-технічної системи здійснюється виходячи з задачі дослідження складної системи противника.

Це може бути як розмірні фізичні величини (відстань, час, рубежі досяжності тощо), так і умовні величини (ступінь впливу на досягнення кінцевої мети ведення бойових дій системою, вплив на стійкість функціонування системи).

Важливим є те, що під час досліджень складних організаційно-технічних систем зв'язок може бути як позитивним, так і негативним, а за умови відсутності вірогідної інформації про зв'язок, він може бути описаний нечіткими числами [7].

З самого початку процедура побудови моделі системи полягає у виборі двох скінчених множин X і Y , елементи яких зв'язані деяким відношенням з складною системою противника

Взаємний зв'язок елементів системи подається у вигляді відношень, які існують між елементами множин X і Y . Кожне відношення між двома кінцевими множинами X і Y є підмножиною декартового добутку $X \times Y$, що дозволяє записати $\lambda \in X \times Y$. Відношення зручно подати матрицею інцидентності [2, 3]:

$$\Lambda = [\lambda_{ij}], \quad (3.3)$$

де $\lambda_{ij} = 1$, якщо $(x_i, y_j) \in \lambda$ та $\lambda_{ij} = 0$, в іншому випадку.

При переході від структури відношення до симпліціального комплексу як множина Y комплексу вибирається множина вершин системи, а кожному елементу множини X ставиться відповідно один з симплексів системи.

Кожен симплекс $S_p \in K$, де K – комплекс, що однозначно визначається підмножиною з $(p + 1)$ різних $\gamma_j \in Y$, а будь-яка підмножина симплекса s визначається $(q + 1)$ елементами множини Y , де $q \leq p$, що називається його q -гранями та утворюють новий симплекс.

Кількість елементів у деякій підмножині Y , що утворює симплекс s , позначається $\text{card}(s)$ s визначається кількістю вершин даного симплексу.

Отже, кожне відношення λ породжує симпліціальний комплекс, який позначається як $K_X(Y, \lambda)$, саме він та його геометрична реалізація описує структуру відношення λ . Якщо змінити ролі множин X і Y тобто вважати, що X становить множину вершин, то λ^* породжує спряжений комплекс $K_X(Y, \lambda^*)$, який складається із симплексів $\{\gamma_j\}$.

Матриця інцидентності для λ^* отримується транспонуванням матриці Δ . Тому з кожним відношенням пов'язано два симпліціальні комплекси.

Як приклад побудуємо симпліціальну модель системи управління противника, структура якої наведена на рис. 3.4 [6, 9].

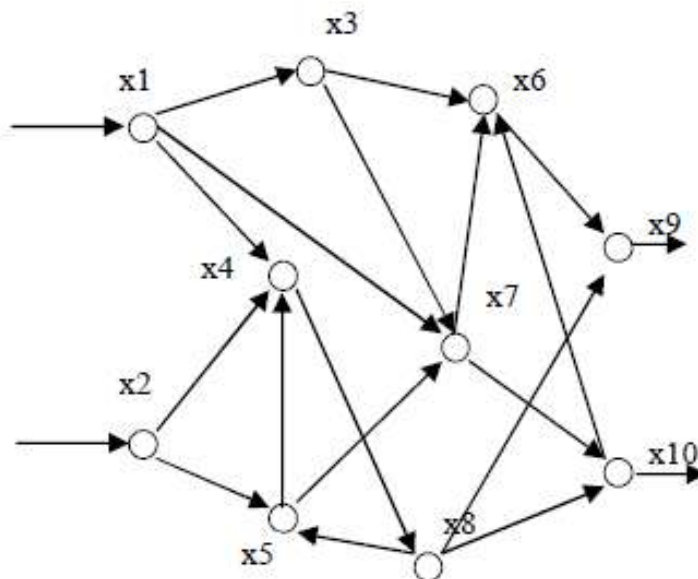


Рис. 3.4. Графова структура системи

Стрілками позначені можливі напрямки взаємодії одних елементів з іншими. Для даного прикладу це може бути відношення «здатність надати допомогу» за час, що менший від заданого.

Наявність вхідних стрілок до вузлів x_1 і x_2 , а також вихідних стрілок з вузлів x_9 і x_{10} , свідчить про те, що дана система є елементом більш потужної системи (надсистеми), з якою також встановлюється взаємодія.

Вважаємо, що λ визначатиметься відношенням «на об'єкт впливає зв'язаний з ним елемент». Вочевидь, що λ^* у даному випадку відповідатиме першому з відношень.

Множина Y задається на множині вузлів системи управління противника, тобто [10, 11]

$$\lambda = \{x_1, x_2, \dots, x_{10}\}. \quad (3.4)$$

Множині X відповідатиме множина симплексів, кожен з яких описує конкретний вузол структури з позиції вузлів системи, що знаходяться з ними в заданому відношенні λ . Можна записати, що

$$s(x_i) = \{x_j \in Y : (x_i, x_j) \in \lambda\}. \quad (3.5)$$

Для прикладу, наведеного на рис. 3.4 та обраного відношення λ , маємо таку множину симплексів: $s(x_1) = \{\emptyset\}$; $s(x_2) = \{\emptyset\}$; $s(x_3) = \{x_1\}$; $s(x_4) = \{x_1, x_2, x_5\}$; $s(x_5) = \{x_2, x_8\}$; $s(x_6) = \{x_3, x_7, x_{10}\}$; $s(x_7) = \{x_1, x_3, x_5\}$; $s(x_8) = \{x_4\}$; $s(x_9) = \{x_6, x_8\}$; $s(x_{10}) = \{x_7, x_8\}$.

Набір усіх наведених симплексів задає симпліціальний комплекс $K_X(Y, \lambda)$, що може бути поданий за допомогою матриці інцидентності

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
$\sigma(x_3)$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\sigma(x_4)$	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
$\sigma(x_5)$	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
$\lambda = \sigma(x_6)$	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
$\sigma(x_7)$	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
$\sigma(x_8)$	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$\sigma(x_9)$	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
$\sigma(x_{10})$	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

(3.6)

Для спрощення алгоритму поліедрального аналізу в матриці (3.6) пусті симплекси можна не записувати.

Маючи дані принципи, неважко отримати симпліціальні комплекси для відношення λ^* шляхом транспонування матриці (3.6).

Відмітимо, що під час дослідження складних організаційно-технічних систем в інтересах розв'язання задачі вибору критичних точок для деградації системи основна роль має приділятися значенню окремих елементів системи та їх впливу на стійкість системи у цілому. Крім того, складність організації зв'язків між елементами і визначає складність структури системи.

У симпліціальній моделі кожному вузлу системи ставиться у відповідність симплекс, який характеризує його з точки зору зв'язку з іншими елементами системи. Отже, це дозволяє вирішувати завдання визначення важливості вузлів як для локальних складних систем противника, так і оцінку значущості вузлів для забезпечення стійкості функціонування всієї системи та досягнення нею мети.

Відносна важливість окремого симплекса в комплексі відображає показник ексцентриситету, який дозволяє оцінити щільність вкладення кожного симплекса до комплексу, і тим самим характеризує локальні особливості структури. Отримання цього показника пов'язане з необхідністю звернути увагу на індивідуальні властивості симплексів. Формула для обчислення ексцентриситету має вигляд [2]

$$ecc(s) = \frac{\dim(s) - q'}{q' + 1}, \quad (3.7)$$

де $\dim(s)$ – розмірність комплексу, q' – найбільше значення q , за якого симплекс стає зв'язаним з будь-яким іншим симплексом комплексу.

Пояснимо формулу (3.7). Різниця $\dim(s) - q'$ є мірою нонконформності симплексу. Ділення на $q' + 1$ дозволяє урахувати відносну частку ексцентриситету, що вноситься незв'язаними вузлами в комплекс. Отже, нульове значення ексцентриситету співпадає з поняттям повністю зв'язаного (неексцентричного) симплекса, в свою чергу, ексцентриситет симплекса, що не пов'язаний з іншими симплексами, наблизатиметься до нескінченності.

Незважаючи на те, що вираз (3.7) достатньо простий, він не враховує багатьох особливостей симплексів, до найбільш важливих з яких можна

віднести кількість симплексів, з якими даний симплекс здатен встановити зв'язки, і те, як симпліціальні зв'язки розподіляються за рівнями зв'язаності, що важливо при обґрунтуванні важливості елемента складної організаційно-технічної системи.

Отже, формула (3.7) для обчислення ексцентриситету ускладнюється до такого вигляду

$$\text{ecc}(s^k) = 1 - \frac{\text{card}(s^k) - \text{card}(v^k)}{(n_k + 1) \cdot \text{card}(s^k)}, \quad (3.8)$$

де n_k – кількість симплексів у комплексі, що мають $\text{card}(v^k)$ загальних вершин з симплексом s^k .

При цьому $\text{card}(v^k) = \max_j [\text{card}(s_i^k \cap s_i^j)]$ – максимальна кількість загальних вершин k -го симплексу з іншими симплексами, k та j – порядкові номери симплексів, призначені при початковому визначенні множин $k \neq j$.

Формула (3.8) більш повно враховує властивості симплексу, оскільки окрім розмірності симплексів і кількості загальних вершин, у формулі присутня кількість симплексів, з якими досліджуваний симплекс здатен встановлювати зв'язок на максимальному рівні зв'язаності.

Результат формули (3.8) лежить у діапазоні $[0, 1]$, що є ще однією перевагою для такого обчислення значення ексцентриситету, оскільки дозволяє більш чітко класифікувати ступінь вкладеності симплексів до структури комплексу – від незначної до високої.

Для практичних розрахунків важливості елементів складної організаційно-технічної системи використовується чітка градація інтервалу $[0, 1]$ для значень ексцентриситету [11]:

- діапазон A $[0; 0,2]$ – малий ступінь інтегрованості;
- діапазон B $[0,2; 0,5]$ – незначний ступінь інтегрованості;
- діапазон C $[0,5; 0,8]$ – середній ступінь інтегрованості;
- діапазон D $[0,8; 1]$ – високий ступінь інтегрованості.

Дана шкала ексцентриситетів може модифікуватися та уточнюватися, оскільки межі шкали є дещо розмитими, то можна казати про доцільність застосування теорії нечітких множин. Приклад застосування нечітких множин для опису інтервалів ексцентриситетів і застосування далі у нечітких алгоритмах наведено на рис. 3.5.

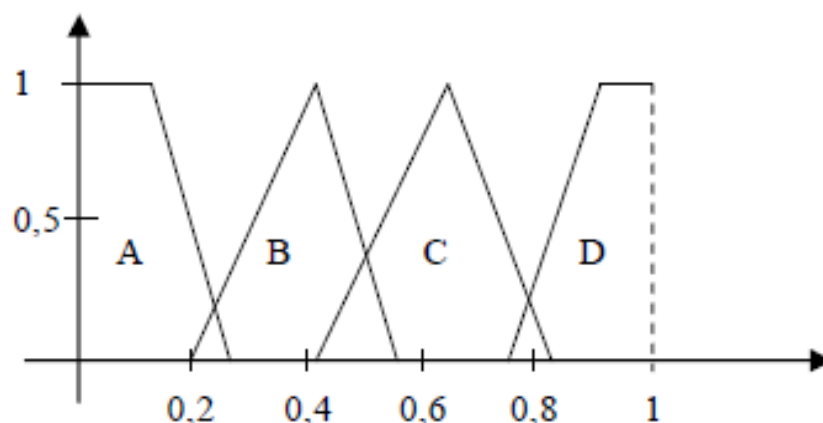


Рис. 3.5. Нечітка шкала градації ексцентриситету комплексу

Дослідження показали, що отримані значення ексцентриситету симплексів за формулою (3.8) враховує стаціонарну структуру системи, але дає неприпустимі (з фізичної точки зору) результати для динамічної структури.

Складні організаційно-технічні системи у сучасному протиборстві, як правило, є динамічними системами, тому формулу (3.8) доцільно подати у вигляді виразу

$$ecc(s^k) = \sum_{j=1}^{card(s^k)} \frac{card(s^k) - card(j^k)}{(n_k + 1) \cdot card^2(s^k)}. \quad (3.9)$$

Формула (3.9) побудована згідно з принципами, що закладені у формулі (3.8) з тією відмінністю, що враховуються всі рівні зв'язаності симплексів. Крім того, результати обчислень за формулою (3.9) знаходяться відповідно до ексцентричності симплекса, тобто більшому значенню виразу відповідає більша ексцентричність симплексу.

Зазначимо, що n_{kj} дорівнює кількості симплексів комплексу, що мають з симплексом s^k j спільних вершин, а $card(j^k)$ дорівнює кількості вершин симплексу s^k , що приймають участь у встановленні зв'язків з іншими симплексами зв'язків рівня j .

Отримані в результаті проведеного q -аналізу оцінки та характеристики дозволяють в ході оцінки складної організаційно-технічної системи отримати досить повну інформацію про особливості досліджуваної системи для планування заходів щодо її деградації.

Незважаючи на це, у поліедральному аналізі можна відзначити ще одне поняття, що здатне доповнити загальну картину про досліджувану систему – симпліціальні зірки [12].

Симпліціальна зірка є підмножиною симпліціального комплексу, у яку входять симплекси, що містять задану вершину системи. З погляду на дії противника, такі підкомплекси складаються із симплексів, асоційованих з тими вузлами, які конкурують між собою за задану вершину. Інакше кажучи, залежно від обраного відношення, вони спільно використовують дану вершину.

Пошук елементів зірки деякої вершини ведеться за відповідним стовпцем матриці інцидентності, що відповідає симплексу цієї вершини в зворотній моделі. У зв'язку з цим, можна говорити про те, що симпліціальні зірки є сполучною ланкою між прямою та зворотними матрицями інцидентності, та зв'язують обидві моделі.

Крім того, знаходження зірки для деякої вершини дозволяє виділити локальну ділянку системи навколо заданого вузла. Такі ділянки і їхні об'єднання можна розглядати як підсистеми й, отже, досліджувати різними методами, у тому числі знову скористатися поліедральним аналізом.

Наприклад, порівняльний аналіз ексцентриситетів симплекса, отриманих під час дослідження підсистеми та системи в цілому, допомогли б одержати подання про ступінь інтеграції вершин. Змінюючи ж кількість і склад симпліціальних зірок, що входять у підсистему, можна виявити вершини (об'єкти), що вносять найбільший внесок в інтеграцію досліджуваного симплекса, а отже мають бути першочергово включені до впливу з метою деградації.

Повний набір симпліціальних зірок і їх об'єднань задає на симпліціальному комплексі множину підкомплексів – сузір'їв, аналіз яких, у свою чергу, надає додаткову інформацію про інтегрованість вузлів складної організаційно-технічної системи.

Перетинання зірок для деякого набору вершин симплекса дозволяє одержати сукупність симплексів, що використовують всі задані вершини.

Велика кількість симплексів, що потрапили в сукупність, свідчатиме про високу сполучну роль обраних вузлів усередині комплексу.

Проведення поліедрального аналізу для дослідження отриманих підкомплексів дозволяє оцінити важливість вузлів (об'єктів) з погляду стійкості підсистеми.

Порівняння отриманих результатів з результатами аналізу всього комплексу дає можливість уточнити ступінь інтеграції вузлів усередині таких підкомплексів.

Втрата, що наноситься системі видаленням вузла (об'єкта), може бути оцінена ексцентричністю симплекса, пов'язаного із цим вузлом. При цьому більша ексцентричність указує на більшу втрату. Це очевидно, у випадку, якщо вузол має єдиний зв'язок між двома вузлами або двома групами вузлів та його втрата нанесе максимально можливий збиток системі, оскільки призведе до деградації складної системи за критерієм зв'язаності.

З іншого боку, якщо існує декілька можливих зв'язків, то зникнення одного зв'язку призводить до посилення навантаження на інші зв'язки згідно з комплексною моделлю деградації складної організаційно-технічної системи.

3.3. Метод деградації складної організаційно-технічної системи із застосуванням когнітивної моделі

На рівні розв'язання задачі планування впливів для деградації складної організаційно-технічної системи складність тісно пов'язана з можливістю або неможливістю раціонального вибору рішень людиною [16]. У зв'язку із цим складність відповідає типу невизначеності, що не піддається обробці імовірнісними методами. Когнітивні моделі (карти) дозволяють досліджувати деякі аспекти структурної складності, які визначені зв'язаністю систем. Крім того, когнітивні моделі деякою мірою дають можливість аналізувати динамічну складність системи [17].

Розробка когнітивної моделі складної організаційно-технічної системи найчастіше починається з побудови когнітивної карти – знакового орієнтованого графа, що отримується шляхом структуризації знань експерта (експертів) про предметну галузь на основі теоретичних подань, статистичних даних, застосування експертних методів.

Більш складні когнітивні моделі – це векторний параметричний граф, параметричний векторний функціональний граф, модифікований функціональний граф Φ_{Π}

$$\Phi_{\Pi} = \langle F, X, V, \Theta \rangle, \quad (3.10)$$

де $V = \langle v_i \rangle, i = 1, 2, \dots, k$ – множина вершин когнітивної моделі (карти);
 $E = \langle \varepsilon_{ij} \rangle$ – множина дуг, що поєднують відповідні вершини v_i та v_j ;
 $X = \langle x_i \rangle$ – множина параметрів вершин;
 $F = f\langle v_i, v_j, \varepsilon_{ij} \rangle$ – функція зв'язку між вершинами;
 Θ – простір параметрів вершин.

Для розробки методу деградації розглянемо поняття стійкості складної системи. При цьому розглядається два аспекти поняття «стійкість» складної системи:

- стійкість системи під впливом зовнішніх дій при фіксованій структурі системи, тобто коли змінюється тільки зовнішнє середовище;
- стійкість поведіння системи при змінах структури системи – структурна стійкість.

Для аналізу стійкості системи при зміні зовнішнього середовища досліджуються корені характеристичного рівняння матриці відношення графа (3.10).

Для задачі деградації складної організаційно-технічної системи таке поняття стійкості не розглядається, оскільки структура системи не порушується, система адаптується під зміну середовища (дій противника).

Більш детально про адаптацію складних систем буде розглянуто в четвертому розділі монографії.

Оцінка структурної стійкості пов'язана з аналізом циклів прямого та зворотного зв'язків у когнітивній моделі і, як показали дослідження [13, 14, 15], з топологічною структурою графа.

Нехай відома когнітивна модель деякої системи у вигляді орієнтованого графа (3.10), матриця інцидентності якого $A_G = [a_{ij}]$. Якщо для конкретних цілей поліедрального аналізу складної системи достатньо відношень у моделі G , тобто набір (матриця A_G) відношень a_{ij} можна вважати такою, що відповідає набору відношень λ_{ij} , то структура когнітивної моделі Λ , яка може бути досліджена методом поліедрального аналізу задається тим самим графом G .

Граф відображає безпосередній вплив змінних x_i на y_j відповідно на елементи матриці, взаємодія між елементами (підсистемами) X і Y визначатимуться недіагональними елементами матриці. Симплекс позначається як $\sigma^{(i)}(\rho)$, де i – номер вершини, а ρ – геометрична розмірність симплекса.

Число ρ визначається кількістю дуг, що поєднують вершини u_j в симплексі через змінну x_i , воно на одиницю менше числа одиниць у відповідному i -му рядку матриці Λ . Розмірність пустого симплексу позначається через «-1».

Далі застосовується метод поліедрального аналізу, детально розглянутий в попередньому підрозділі та у роботах [2, 9, 11].

Оскільки складна організаційно-технічна система описана когнітивною моделлю, функціонує в динаміці, то для визначення критичних елементів системи додатково до поліедрального аналізу слід застосувати сценарний аналіз складної системи.

Сценарний аналіз системи проводиться на моделі поведінки системи шляхом імпульсного моделювання. Формула імпульсного процесу [14] має вигляд

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \sum_{j=1}^{k-1} f_{ij} \cdot P_j(t) + Q_i(t), \quad (3.11)$$

де $x_i(t)$ – величина імпульсу у вершині i в попередній час;
 $x_i(t+1)$ – величина імпульсу у вершині i в поточний час;
 f_{ij} – коефіцієнт перетворення імпульсу;
 $P_j(t)$ – значення імпульсу в вершинах, суміжних з вершиною i ;
 $Q_i(t)$ – вектор збурення та управляючих дій, що вносяться у вершину i в момент часу t .

Для дослідження систем управління як складних організаційно-технічних систем значення імпульсу у вершині може відповідати інформаційному потоку в системі.

Набір реалізації імпульсних процесів – це сценарій, який дозволяє отримати тенденції розвитку процесів та отримати час початку деградації системи та час деградації системи (структурної або функціональної) відповідно з комплексною моделлю деградації складних систем, розглянутою в даному розділі.

Слід відмітити, що комплексний аналіз когнітивних моделей для визначення показників деградації складної організаційно-технічної системи складається з поліедрального, сценарного аналізу складної системи та аналізу стійкості.

На рис. 3.6 наведено алгоритм застосування методу деградації складної організаційно-технічної системи із застосуванням когнітивної моделі.

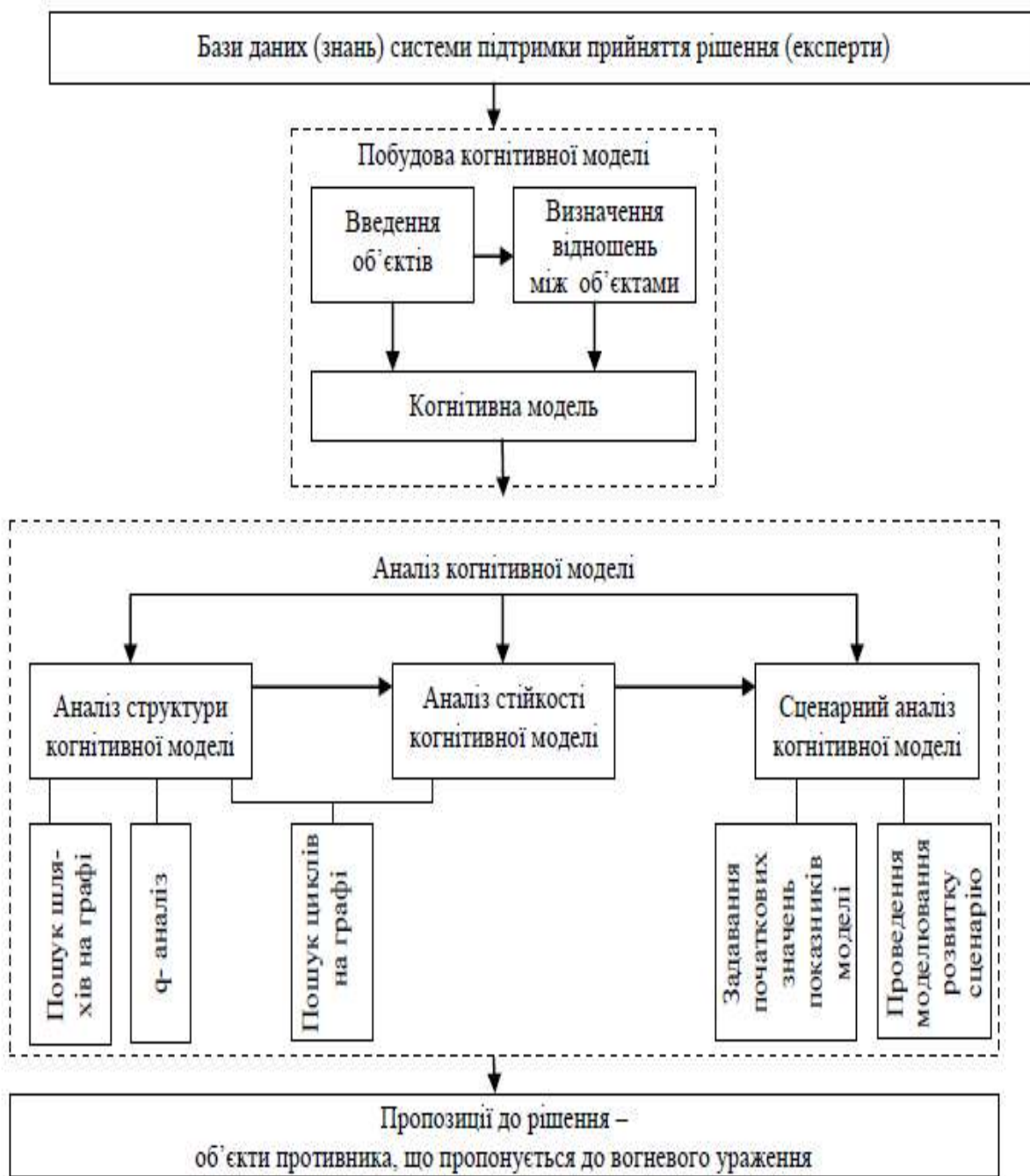


Рис. 3.6. Алгоритм застосування методу деградації складної організаційно-технічної системи із застосуванням когнітивної моделі

На першому етапі проводиться процес побудови когнітивної моделі складної організаційно-технічної системи.

До цього слід залучити експертів (з подальшим використанням відповідних методів оцінки результатів експертизи) та (або) дані, що зберігаються в базах даних (знань) системи підтримки прийняття рішення.

Вводяться як об'єкти, так і зв'язки між ними. Когнітивна модель описується графом.

На другому етапі проводиться аналіз побудованої когнітивної моделі за викладеними методами: аналіз структури; аналіз стійкості; сценарний аналіз.

Дані методи дозволять визначити показники деградації складної організаційно-технічної системи та надати пропозиції щодо резервування елементів своєї системи або впливу на складну систему противника.

Висновки за розділом 3

1. У розділі розкриті основні положення комплексної моделі деградації складної організаційно-технічної системи. Застосування даної моделі призводить до зростання адекватності опису процесу деградації складної системи. Побудова даної моделі є основою для створення методів деградації складної організаційно-технічної системи, що дозволяє для заданого часу на основі розпізнавання замислу дій противника визначати елементи складної організаційно-технічної системи, які впливають на структурну і функціональну її стійкість.

2. У роботі доведено ефективність методу деградації складної організаційно-технічної системи із застосування полієдрального аналізу, що, в першу чергу, досліджує структурну стійкість системи. Наведені формули доводять, що дана задача може бути формалізована та має алгоритмічну і програмну реалізацію для її застосування у перспективних інтелектуальних системах підтримки прийняття рішення.

3. Застосування методу деградації складної організаційно-технічної системи з побудовою когнітивної моделі дозволять визначити показники деградації складної організаційно-технічної системи та надати пропозиції щодо резервування елементів своєї системи або впливу на складну систему противника.

Список літератури до розділу 3

1. Тристан А. В. Комплексна модель руйнування складних організаційно-технічних систем / А. В. Тристан, Т. М. Курцева, В. Г. Паталаха // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2016. – № 4. – С. 100–104.

2. *Кашаев О. Ю. Полиэдральный подход к анализу роли элементов структурно сложных систем. Новые информационные технологии / О. Ю. Кашаев. – М.: МГАПИ, 2001. – 184 с.*

3. *Тристан А. В. Методика структурного анализа и оценки разрушения сложных систем / А. В. Тристан, О. А. Заболотный, В. В. Гридина, В. Г. Паталаха // Республика Казахстан, г. Уральск. Уральский научный вестник. – 2015. – № 5 (136). – С. 77–81.*

4. *Касты Дж. Большие системы, связность, сложность и катастрофы: пер.с англ. Ю.П. Гупало / Джон Касты. – М.: Мир, 1982. – 216 с.*

5. *Гиг Джон Ван. Прикладная общая теория систем: пер с англ. / Гиг Джон Ван. – М.: Мир, 1981. – 336 с.*

6. *Горелова Г. В. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход / Г. В. Горелова, Е. Н. Захарова, С. А. Радченко. – Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 2006. – 332 с.*

7. *Алтунин А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография / А. Е. Алтунин, М. В. Семухин. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.*

8. *Маторин С. И. Анализ и моделирование бизнес-систем: системологическая объектно-ориентированная технология / С. И. Маторин; предисл. Э. В. Попова. – Харьков: ХНУРЭ, 2002. – 322 с.*

9. *Тристан А. В. До питання використання методу аналізу зв'язності структури складних систем для розв'язування задач планування вогневого ураження об'єктів противника / С. В. Немченко, А. В. Тристан, Ю. Г. Бусигін // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2011. – Вип. 8(98). – С. 102–105.*

10. *Тристан А. В. Застосування аналізу когнітивних моделей складних систем в комплексі задач планування вогневого ураження системи підтримки прийняття рішення / С. В. Немченко, А. В. Тристан // Системи обробки інформації. – 2012. – № 5. – С. 53–56.*

11. *Немченко С. В. До питання використання методу аналізу зв'язності структури складних систем для розв'язування задач планування вогневого ураження об'єктів противника / С. В. Немченко, А. В. Тристан, Ю. Г. Бусигін // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2011. – Вип. 8(98). – С. 102–105.*

12. *Дегтярев К. Ю. Разработка методов и средств математического моделирования и анализа структурно сложных систем на основе аппарата*

полиэдральной динамики: дисс. ... канд.техн.наук: спец. 05.13.01 / К. Ю. Дегтярев. – М., 1995. – 216 с.

13. Горелова Г. В. Исследование отказоустойчивости на моделях средств поддержки управленческих решений в системах управления безопасностью методами планирования эксперимента / Г. В. Горелова, Э. В. Мельник // Тр. 15-й Междунар. конф. «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – М.: Изд-во ИПУ РАН, 2007. – С. 75–78.

14. Максимов В. И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию / В. И. Максимов // Сб. трудов 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций», (CASC'2001). – М.: ИПУ РАН, 2001. – Т. 1. – С. 4–18.

15. Рубан І. В. Концептуальний підхід до синтезу структури інформаційно-телекомунікаційної мережі / І. В. Рубан, Г. А. Кучук, О. П. Давікоза // Системи обробки інформації. - 2013. - №7 (114). - С. 106–112.

16. Малюга В. Г. Вплив інформаційного забезпечення на прийняття управлінських рішень. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. 2006. № 6(12). – С.77- 79.

17. Малюга В. Г., Тихонов И. М., Сальникова О. Ф., Мисюра О. Н. Усовершенствование методов выбора объектов для огневого поражения авиацией в условиях неопределенности обстановки на основе анализа когнитивных моделей сложных систем. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2014. № 2. – С. 67-70.

РОЗДІЛ 4

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

4.1. Показники та критерії ефективності структури системи управління як складної організаційно-технічної системи

4.2. Модель оцінки об'єктивності виконання завдань управління в структурі системи управління

4.3. Модель оцінки об'єктивності виконання завдань управління в структурі системи управління

Розділ 4

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Оцінка ефективності складної організаційно-технічної системи може здійснюватись двома способами:

– порівняння результатів моделювання функціонування складної організаційно-технічної системи і результатів моделювання з ідеальними параметрами управління;

– оцінка потенційних можливостей системи управління шляхом визначення параметрів її підсистем.

За будь-яким способом ефективність системи управління кількісно обчислюється за допомогою відповідних показників ефективності.

Використання в існуючих методиках показників ефективності тільки для технічних підсистем системи управління не дозволяє достовірно оцінити її ефективність в цілому з причини невикористання в методиках показників якості її організаційної складової та відсутності загальних показників ефективності системи управління, як єдиного об'єкта дослідження.

У даному розділі, поряд з відомими показниками оцінки ефективності складної організаційно-технічної системи, вводяться показники, які дозволяють оцінити якість системи з точки зору ступеня досягнення цілей та повноти реалізації функцій управління (загальні показники ефективності системи, як єдиного об'єкта), а також показники безперервності, оперативності, скритності, гнучкості та адаптивності, що характеризують організаційну складову системи управління як складної організаційно-технічної системи. Будуються математичні моделі для їх оцінки, які спираються на математичний апарат теорії ймовірності, теорії надійності та теорії графів.

4.1. Показники та критерії ефективності структури системи управління як складної організаційно-технічної системи

Класичні вимоги до управління як процесу та до структури складної організаційно-технічної системи, що наведені в розділі 2, мають бути уточненими з точки зору вирішення покладених на систему управління завдань. Ці уточнення дають можливість вийти на певні властивості і

показники ефективності функціонування системи управління, які далі розглядаються.

Структура системи управління як складна організаційно-технічна система повинна мати такі властивості:

– *оперативна готовність до здійснення управління* – властивість, що характеризує здатність системи приступити до виконання покладених на неї функцій із заданого вихідного стану. Оперативна готовність характеризується часовими показниками (витратою та затримкою часу на підготовку системи до використання) та імовірнісними показниками (імовірність того, що на заданий момент часу система буде здатною виконувати свої функції за призначенням);

– *оперативність функціонування* – властивість системи виконувати свої функції за час, що дозволяє органам управління своєчасно виконувати завдання. Наявність цієї властивості (тобто здатність системи виконувати свої функції за заданий час) характеризується часом, потрібним на виконання відповідної задачі (функції) управління або на вирішення комплексу функціонально закінчених задач при відомому часі, що є у розпорядженні бойової обслуги, або показником оперативності – тобто імовірністю того, що завдання управління будуть виконані у визначений термін, коли органи управління залишаються здатними приймати й реалізовувати прийняті рішення та здійснювати управляючі впливи на дії підлеглих;

– *повнота інформаційного забезпечення* – властивість системи своєчасно надавати органам управління інформацію у такому обсязі та з такою достовірністю, які є достатніми для вирішення відповідних управлінських завдань. Показник повноти інформаційного забезпечення характеризує здатність системи забезпечувати органи управління необхідною інформацією з урахуванням значущих факторів і достовірності інформації.

В інформаційному джерелі [1] показано, що між повнотою інформації для вирішення завдань управління та кінцевою ефективністю бойових дій існує очевидна залежність, причому узагальнена оцінка значення показника повноти інформації $I(t)$ може бути знайдена за відомою формулою

$$I(t) = P(t) \cdot \sum_{k=1}^{\ominus} (a_k \cdot R_k), \quad (4.1)$$

де $P(t)$ – оперативність прийняття відповідного рішення на базі аналізу змісту отриманої інформації;

a_k – значущість інформаційної складової;

Θ – загальна кількість інформаційних складових;

R_k – достовірність отримання інформації;

– *обґрунтованість прийнятих рішень органами управління* – характеризується достовірністю даних, що отримують і використовують органи управління, точністю розрахунків і результатів моделювання, які здатні забезпечувати прогноз (передбачення) розвитку ситуацій на потрібний період. Обґрунтованість також характеризується якістю (ефективністю) методик розрахунків, використаних задач і моделей, повнотою урахування факторів щодо прийняття рішення та ін. Рішення вважається обґрунтованим, якщо із всієї множини розроблених раціональних варіантів його замислу наукові методи дозволяють виділити один, який за обраним критерієм має кращі значення показників досягнення мети бойових дій;

– *адаптивність складної організаційно-технічної системи до умов обстановки* – властивість системи змінювати параметри власної структури, її інформаційно-аналітичної підсистеми для зберігання своїх якостей в умовах зміни дій противника, стану своїх військ, непередбаченого розвитку обстановки та змін рівня завантаженості органів управління під час вирішення відповідних управлінських задач і виконання функцій. У свою чергу ця властивість залежить від можливості системи створювати багатоваріантні замисли бойових дій, від гнучкості системи та її здатності до збільшення відповідних елементів, з яких складається структура системи управління;

– *безперервність визначених процесів у системі управління* – така її властивість, за якої протягом заданого часу вирішення управлінських задач система управління здатна своєчасно переробляти необхідні обсяги інформації, формувати раціональні управлінські впливи та здійснювати контроль за об'єктами управління. Як показники безперервності управління доцільно використовувати часові показники (тривалість часу, протягом якого не відбуваються порушення безперервності процесів управління) та імовірнісні показники (імовірність того, що на заданому інтервалі часу не відбудеться таких порушень процесів управління, які призводять до неможливості вирішувати завдання управління або виконувати відповідні функції);

– *стійкість системи управління* – властивість системи зберігати свої якості та функції при впливі противника на елементи системи управління з метою виведення її з ладу, порушення функціонування технічних пристроїв

добування, обробки та передачі інформації, викривлення та обмеження даних і зведень, які потрібні для вирішення завдань управління та ін. Стійкість системи управління характеризується показниками надійності, живучості, завадостійкості, захищеності структури, її елементів та імовірністю того, що при визначеному впливі противника на елементи система управління не втрачатиме своїх якостей;

– *прихованість процесів управління* – властивість, за якої забезпечується прихованість від противника структури й даних, що використовуються органами управління, порядку прийняття рішень та отриманих результатів, доведення завдань до підлеглих і контроль їх виконання. Прихованість процесів управління характеризується показниками захищеності інформації від початку її добування різноманітними засобами розвідки противника, прихованістю елементів системи управління та її структури, захищеністю каналів передачі даних та ін.;

– *рефлексивність процесів управління* – властивість системи, що дає змогу випереджувати противника в діях на необхідний час, з достатнім ступенем достовірності прогнозувати його дії та вводити його в оману з метою створення вигідної для себе ситуації. Як показник рефлексивності прийнято використовувати ранг рефлексій [1] або час, на який реалізується випередження противника в діях хоча б на один ранг;

– *раціональність (оптимальність) процесів управління* – така їхня організація та побудова, при яких передбачається максимальний ефект в діях об'єктів управління за менших витратах, потрібних на здійснення всебічного їх забезпечення. Раціональність процесів управління залежить від ступеня відповідності прийнятих рішень (впливів управління) меті управління, задачам, які треба виконати органам управління на різних етапах їхньої роботи;

– *комунікативність процесів управління військами* – властивість, за якої досягається такий взаємозв'язок між елементами структури системи управління, за якого кожному органу управління надається можливість своєчасно отримати будь-яку необхідну інформацію, в тому числі й ту, що є у розпорядженні інших органів управління системи. Необхідна комунікативність досягається шляхом використання органами управління сучасних мереж електронно-обчислювальних машин з розподіленими базами даних;

– *контрольованість процесів управління* – властивість, за якої забезпечується можливість перевірки достовірності даних, що використо-

вуються органами управління, результатів розрахунків, які проводяться, прогнозів, що здійснюються, а також забезпечується перевірка проходження впливів управління між елементами структури.

Відомо, що основою діяльності будь-якої складної організаційно-технічної системи [2] є її структура, яка забезпечує виконання функцій управління щодо досягнення мети функціонування. Для вибору кращого з варіантів можливих структур системи управління виникає завдання оцінки якості цих варіантів, а саме кількісного вимірювання абсолютного або відносного значення їх ефективності. Тому для оцінки ефективності потрібно обрати відповідний показник якості.

Показники ефективності системи управління та її структури мають характеризувати здатність (пристосовність) системи виконувати покладені на неї функції, задовольняти відомі вимоги до показників [3, 4] і характеризувати найбільш суттєві якості структури системи управління. Фактично сукупність таких показників має бути моделлю функціонування системи управління, структура якої досліджується.

Залежно від набору якостей реального процесу, які описуються в моделі, складу прогностичних характеристик і точності прогнозу, моделі можна поділити на групи корисних, некорисних та шкідливих моделей [3]. Формування корисної сукупності показників якості структури системи управління потрібно здійснювати з урахуванням таких засад.

Показники ефективності структури системи управління мають відповідати чотирьом відомим вимогам, а саме, вони повинні:

- відповідати цілям і завданням процесу управління;
- мати зрозуміле фізичне поняття;
- бути чутливими до змін умов обстановки, до вироблених і реалізованих системою рішень;
- бути зручними для визначення та використання.

У ході оцінювання варіантів структури системи управління перелік показників, методи їх визначення, а також, межі можливих значень для відносних показників мають бути однаковими. Точність обчислювання значень показників має зростати за збільшенням обсягу інформації, що використовується.

Для оцінювання якості структури системи управління можна використовувати відому сукупність показників ефективності:

- показники, що характеризують можливості структури системи управління з обробки та передачі інформації відповідного обсягу за заданий

інтервал часу і є показниками пропускної здатності, продуктивності та завантаженості вузлів структури, а також структури всієї системи у цілому [6];

– показники, що характеризують у структурі окремі складові інформаційно-аналітичного забезпечення процесів управління. До них належать:

1) показники якості інформаційних складових (сукупності даних і зведень, згрупованих за ознаками їх використання джерелами, споживачами, за їхніми характеристиками тощо) [5];

2) відомі показники, що характеризують можливості технічних засобів обробки та передачі інформації [13];

3) показники, що характеризують можливості та ефективність інформаційно-розрахункового та інформаційно-командного забезпечення (у тому числі, за складовими інформаційного, математичного, лінгвістичного та програмного забезпечення систем управління) [5, 14];

– показники ефективності організаційної структури [2], які характеризують окремі якості її управлінської частини (ступінь централізації структури та функцій, щільність управління, дотримання норм управління та ін.).

Для оцінювання ступеня адаптивності та гнучкості структури системи управління пропонується ввести до відомої сукупності перелік показників, що характеризують якість інформаційної мережі, на якій реалізується структура підсистеми органів управління. В ході здійснення детального аналізу причин необхідності проведення структурної адаптації і оцінювання її ефективності можливе використання графоаналітичного методу, тому підсистему органів управління доцільно подати у вигляді графа

$$G = \{X, U\}, \quad (4.2)$$

де X - множина вершин, відповідна множині структурних елементів;

U - множина ребер, відповідна множині зв'язків між структурними елементами організації.

На підставі аналізу побудованого графа визначаються показники, що характеризують ефективність структури зв'язків і ступінь керованості структури системи управління, що оцінюється.

Нумерацію вершин графів можна вести по-різному. Можна використовувати порядкову нумерацію, або подвійну нумерацію, яка вказує не тільки номер вершини, але і номер рівня ієрархії управління, на якому ця вершина знаходиться.

Для опису графа G будується матриця суміжності, яка має вигляд $A = |a_{ij}|$, де a_{ij} – елементи матриці суміжності, що визначаються так: $a_{ij} = 1$ за наявності зв'язку, $a_{ij} = 0$ за відсутності зв'язку між елементами i та j .

На підставі матриці суміжності визначається ранг кожного елемента за формулою

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}. \quad (4.3)$$

Чим вище ранг елемента, тим сильніше цей елемент пов'язаний з іншими елементами і тим важчими будуть наслідки при втраті якості його функціонування. Високе значення рангу у деяких вершин пов'язано з найбільшою кількістю підлеглих. Тому в подальшому в ході аналізу інформаційного навантаження ланок досліджуваної організаційної структури управління необхідно приділити особливу увагу. Найменші ранги мають виконавці. У таких елементах єдиний зв'язок – зв'язок з безпосереднім керівником.

Як показники, що характеризують ефективність структури системи управління з точки зору її мережних властивостей, доцільно використовувати такі:

– показник зв'язності елементів системи управління

$$K_{зв} = \frac{0,5 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}{(n(n-1)/2)} = \frac{m}{(n(n-1)/2)}, \quad (4.4)$$

де n – кількість вершин графа G (структурних елементів у системі управління);

m – множина ребер графа G (зв'язків між структурними елементами в системі управління).

У першу чергу, необхідно виконати перевірку зв'язності елементів структури системи управління. Для зв'язних структур, тобто структур, які не мають обривів і висячих елементів, має виконуватися умова: $m \geq n - 1$.

Права частина цієї нерівності визначає необхідну мінімальну кількість зв'язків у структурі графа G , що містить n вершин (кількість структурних

елементів). Ліва частина нерівності може прийняти значення, яке перевищує значення правої частини в разі, якщо в досліджуваній системі управління присутнє подвійне підпорядкування у деяких елементах.

Нерівність не виконуватиметься, якщо в структурі організації є ланки з невизначеним підпорядкуванням. Для системи управління наявність таких ланок не допускається. Але на практиці, вивчаючи склад і структуру організації, необхідно звертати увагу на окремі посади або підрозділи, для яких не визначена їх підпорядкованість;

– показник структурної надлишковості – характеризує ефективність структури зв'язків. Він відображає перевищення загальної кількості зв'язків над мінімально необхідними і розраховується за формулою

$$R = \frac{m}{n-1} - 1. \quad (4.5)$$

Оцінка структурної надлишковості є непрямую оцінкою надійності організаційної структури системи управління і визначає принципову можливість функціонування і збереження зв'язків системи при відмові деяких її елементів.

Система з великою надмірністю потенційно більш надійна, але менш адаптивна.

Значення показника структурної надлишковості $R < 0$ означає, що система є незв'язною.

При $R = 0$ організаційна структура системи управління має мінімальну надмірність.

При значенні $R > 0$ можна вважати, що система має надмірність, причому, чим вище значення показника структурної надлишковості, тим більшою надмірністю володіє система.

Якщо показник структурної надлишковості дорівнює 0, організаційна структура має мінімальну надмірність зв'язків між її елементами. Це говорить про те, що відмова окремих елементів, особливо елементів з високим рангом, може призвести до певних проблем у функціонуванні системи.

Проте, штучне посилення надмірності зв'язків (дублювання функцій управління, наприклад, подвійний контроль) пов'язано з додатковим розширенням штату і ускладненням проведення структурної адаптації;

– показник нерівномірності розподілу зв'язків, який характеризує

неповне використання можливостей структури, що має m ребер і n вершин, у досягненні максимальної зв'язності. Ступінь нерівномірності зв'язків можна визначити за формулою

$$L = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i^2} - 1, \quad (4.6)$$

де $p_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$ – вага i -го елемента (ступінь вершини графа), або кількість зв'язків i -го елемента з іншими.

Для оцінки структури системи управління за нерівномірністю зв'язків використовують відносну величину цього показника $L_{\text{відн}}$

$$L_{\text{відн}} = \frac{L}{L_{\text{max}}}, \quad (4.7)$$

де L_{max} – максимальне значення нерівномірності зв'язків, яке досягається в організаційній структурі, що має максимально можливу кількість вершин, які мають один зв'язок. Значення L_{max} розраховують за емпіричною формулою

$$L_{\text{max}} = \sqrt{\frac{1}{4}(x^2 - 2y - 3x)^2 - 1 + 2y(y + 1) + n(n - 1) - \frac{4m^2}{n}}, \quad (4.8)$$

де

$$y = m - n,$$

$$x = \frac{-1 + \sqrt{8y + 9}}{2}$$

Значення показника $L_{\text{відн}}$ змінюється від 0 до 1. При $L_{\text{відн}} = 0$ структура системи управління має рівномірний розподіл зв'язків, при $L_{\text{відн}} = 1$ – нерівномірний.

Необхідною умовою ефективності зв'язності організаційної структури управління є якість і кількість інформації, яка передається за виділеними напрямками в одиницю часу. Тому на практиці оцінка ефективності структури зв'язків досліджуваної системи управління доповнюється дослідженням порядку і змісту інформаційного обміну між її елементами;

– показники ступеня керованості структури системи управління. В ході оцінки керованості, в першу чергу, рекомендується визначити структурну компактність системи, яка відображає загальну структурну близькість елементів системи між собою

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}, i \neq j, \quad (4.9)$$

де Q – структурна компактність організаційної структури управління;
 d_{ij} – відстань від елемента i до елемента j , тобто мінімальна кількість зв'язків, що з'єднують ці елементи.

Для визначення величини загальної структурної компактності будемо матрицю відстаней $D = \|d_{ij}\|$.

Для кількісної оцінки структурної компактності і можливості об'єктивного порівняння різних організаційних структур доцільно використовувати відносний показник структурної компактності $Q_{\text{відн}}$

$$Q_{\text{відн}} = \frac{Q}{Q_{\text{мін}}} - 1, \quad (4.10)$$

де $Q_{\text{мін}} = n(n-1)$ – мінімальне значення компактності для структури типу «повний граф» (випадок, коли кожен елемент з'єднаний з кожним).

Структурну компактність можна охарактеризувати і діаметром структури D_{mr} , який дорівнює максимальному значенню відстані d_{ij} у матриці відстаней.

Зі збільшенням $Q_{\text{відн}}$ і D_{mr} збільшуються середні часові витрати при обміні інформацією між елементами системи управління, що обумовлює зниження загальної надійності структури і оперативності прийняття управлінських рішень. Виходячи з розмірів організації, загальної кількості рівнів управління, діапазону контролю, а також значень показників $Q_{\text{відн}}$ і D_{mr} , можна оцінити надійність організаційної структури системи управління.

Максимальну надійність має організаційна структура управління, у якій $Q_{\text{відн}} = 0$, а $D_{\text{mr}} = 1$.

Однак нульове значення (або близьке до 0) ці показники можуть приймати тільки для органів управління тактичного рівня.

З підвищенням ієрархії управління зростає кількість рівнів управління, отже, втрачається можливість прямого зв'язку між усіма елементами. Тому чим вище рівень, чим більша в нього кількість рівнів ієрархії, тим більше значення прийматимуть показники $Q_{\text{відн}}$ і Dmr ;

– показник центральності структурного елемента, який використовується для оцінки ступеня централізації організаційної структури управління та характеризує ступінь віддаленості i -го елемента організаційної структури від інших елементів

$$F_i = \frac{Q}{2 \sum_{j=1}^n d_{ij}}. \quad (4.11)$$

При цьому, чим менше видалений i -й елемент від інших, тим більше його центральність, і тим більша кількість зв'язків здійснюється через нього. У результаті найбільшим ступенем центральності володітиме структурний елемент з найменшим значенням $\sum_{i=1}^n d_{ij}$.

Ступінь центральності структури системи управління в цілому може бути охарактеризований індексом центральності

$$\delta = \frac{(n-1)(2F_{i_{\max}} - n)}{(n-2) \cdot F_{i_{\max}}}. \quad (4.12)$$

Значення ступеня центральності знаходиться в діапазоні $1 \geq \delta \geq 0$, при цьому для структур складних організаційно-технічних систем з рівномірним розподілом зв'язків $\delta = 0$, а для структур, що мають максимальну ступінь централізації $\delta = 1$.

Отже, особливі вимоги до надійності функціонування мають висуватися до елемента, у якого найбільша кількість зв'язків з прийому та переробки інформації, оскільки його відмова веде до можливого руйнування структури.

При наближенні значення індексу центральності до одиниці, особі, що приймає рішення, доцільно розглянути питання про заходи щодо дублювання або передачі деяких функцій центрального елемента для підвищення надійності структури всієї системи.

Розглянуті показники, разом з введеними, корисні тому, що відбивають суттєві, з точки зору якості реалізації процесу управління, властивості структури системи управління. Але вони не дозволяють прямо оцінити ступінь досягнення мети управління, тому запропонована сукупність показників – часткова, її можна використовувати лише для оцінки деяких окремих властивостей системи управління.

Для оцінки всієї системи в комплексі потрібно розробити загальний показник, за допомогою якого можна оцінити ступінь досягнення мети процесу управління [15].

Одним із способів оцінювання ефективності системи управління є порівняння результатів моделювання з урахуванням реальної системи управління та результатів моделювання з ідеальними параметрами управління.

Припущення, що ефективність управління зв'язано з загальною ефективністю, може бути справедливим, але через багатопараметричність і високу невизначеність процесів, які відбуваються при бойових діях, і зв'язків між ними складно встановити пряму залежність між ефективністю управління та бойовими діями.

Однією з основних вимог до показника ефективності є кількісна характеристика ступеня досягнення мети управління (у даному випадку). Як мета управління для системи управління Повітряних Сил можна розглядати в загальному випадку досягнення результату ведення бойових дій угруповання Повітряних Сил, який відповідає заданому критерію ефективності.

Досягнення такої мети може бути реалізовано в ході виконання набору функцій управління, основними з яких є цілеположення, планування, підготовка, організація та контроль ведення бойових дій, їх всебічне забезпечення та інші функції. Тоді за повнотою реалізації основних функцій в структурі системи можна оцінювати якість як системи управління взагалі, так і її структури окремо.

Процес виконання завдань з реалізації функцій управління (H – кількість функцій) здійснюється протягом деякого інтервалу часу (часто випадкового). Цей факт обумовлює необхідність урахування не тільки якості, але і своєчасності виконання кожної функції.

Неякісне (несвоєчасне та неповне) виконання функцій управління призводить до втрати ефективності управління, як наслідок, і ефективності бойових дій угруповання Повітряних Сил (збільшення втрат своїх сил та об'єктів, зменшення втрат противника та ін.)

За однакових умов можна припустити, що система управління з кращою структурою забезпечить менші втрати ефективності (B_e).

Отже, показник B_e – втрата ефективності є загальним для всіх типів структур системи управління та може бути використаний для формування їхнього показника якості.

Вважатимемо, що «ідеальна структура» системи управління має граничні можливості, які характеризуються виконанням всіх необхідних функцій управління миттєво, об'єктивно (з урахуванням всіх умов), та в повному обсязі. Тоді «ідеальна структура» забезпечить мінімальні втрати ефективності (B_e^i), які обумовлені тільки невизначеністю вхідних даних про умови обстановки, противника, іноді своїх військ.

Для порівняння існуючої структури системи управління з перспективною з урахуванням досягнутого рівня ефективності існуючої відносно граничного рівня ідеальної структури введемо відносний загальний показник ефективності структури, що оцінюється [3]

$$E^o = \frac{B_e^c - B_e^o}{B_e^c - B_e^i}, \quad (4.13)$$

де B_e^c – втрати ефективності існуючої структури системи управління;

B_e^o – втрати ефективності структури, що оцінюється.

Значення введеного показника знаходиться в межах ($-\infty < E^o \leq 1$). Тоді до корисних структур можна віднести структури, для яких $\Delta < E^o \leq 1$, до некорисних – структури, для яких $0 \leq E^o \leq \Delta$, та шкідливих – структури, для яких $-\infty < E^o < 0$. Величина порога Δ може бути обрана за вимогою збалансованості приросту ефективності та витрат на його забезпечення.

Якщо зробити деяку послідовність математичних перетворень з заміною та підстановкою нових змінних величин, яка наведена у [3, 6], можна формулу (4.13) звести до вигляду

$$E^o = \frac{\Phi^o - \Phi^c}{1 - \Phi^c}, \quad (4.14)$$

де Φ^* – величина, яка є характеристикою величини вкладу (*)-ї структури в скорочення втрат ефективності під час виконання завдань за всім переліком функцій управління (H). Тому величина Φ може бути показником повноти

реалізації функцій управління в (*)-й структурі системи управління.

Показник Φ дорівнює

$$\Phi^* = \sum_{h=1}^H \eta_h \cdot P_h^* \cdot C_h^*, \quad (4.15)$$

де η_h – коефіцієнт важливості виконання завдань за h -ю функцією управління (важливість h -ї функції управління);

P_h^* – імовірність своєчасного виконання завдань за h -ю функцією управління в (*)-й структурі системи управління (показник оперативності управління);

C_h^* – показник об'єктивності виконання завдань за h -ю функцією управління в (*)-й структурі системи управління.

Коефіцієнт важливості η_h для кожної функції може бути визначений методами експертного оцінювання [7, 8], або за допомогою методів таксономії [9, 10].

Розрахункові формули для показника оперативності управління – імовірності своєчасного виконання завдань і показника об'єктивності виконання завдань за кожною функцією розглянемо більш детально.

4.2. Модель для оцінки оперативності та безперервності управління в структурі системи управління

Розглядаючи процес управління бойовими діями, слід відмітити властиву йому дискретність, пов'язану з тим, що у ході виконання функцій управління будь-який орган управління здійснює на підлеглих управляючі впливи не безперервно, а в деякі моменти часу та з кількістю і тривалістю цих дій, потрібною для такого реагування на зміни обстановки, яке дозволяє досягати поставлену мету управління (наприклад, забезпечення потрібної ефективності бойових дій) [16].

У зв'язку з цим корисно конкретизувати поняття оперативності та безперервності процесу управління та визначити його необхідні і достатні умови. Це, у свою чергу, дасть можливість знайти необхідні показники та критерії безперервності процесу управління, розробити достовірні методи розрахунку їх значень.

Для знаходження формульної схеми їх розрахунку треба розглянути

динаміку процесу управління бойовими діями.

Тривалість часу, протягом якого безпосередньо виконуються функції управління, тісно пов'язана з тривалістю часу виконання поставлених завдань ($T_{в.з}$). Виконання кожної окремої задачі з тих, що виникають у процесі підготовки та ведення бойових дій, як правило, потребує реалізації органом управління декількох функцій управління.

Кожна з таких функцій у свою чергу характеризується кількістю (n) управляючих впливів $\{i = \overline{1, n}\}$, потрібних для послідовного доведення даних і постановки (уточнення) задач підлеглим, та часом Δt_i між їх здійсненням $\{i, i + 1\}$.

Потрібна тривалість цього часу залежить від інтенсивності виникнення задач, що вимагають втручання органа управління у дії підлеглих, та від часу, який витрачається органом управління на отримання необхідної інформації, прийняття рішення і доведення його до підлеглих.

При цьому у реальному процесі підготовки та ведення бойових дій можливі такі випадки:

– моменти здійснення органом управління впливу на підлеглих суворо співпадають з потрібним поточним часом здійснення цього впливу, який диктується розвитком обстановки. Таке управління має властивість своєчасності, тобто всі управляючі впливи на підлеглих здійснюються тоді, коли це потрібно, без затримок і надлишкового упередження. Ця умова є також обов'язковою, але не достатньою для здійснення безперервного управління;

– управляючий вплив на підлеглих здійснюється пізніше, ніж це потрібно за розвитком обстановки, тобто з якоюсь затримкою часу від потрібного моменту доведення завдань до підлеглих. При цьому, якщо підлегли ще здатні виконати у повному обсязі та у поставлений строк ті дії, які від них очікуються, управління вважається своєчасним, в іншому випадку таке управління буде несвоечасним, й, в наслідок цього, на інтервалі від останнього потрібного моменту управляючого впливу на підлеглих до того моменту, коли цей вплив все ж був здійснений, управління втрачатиметься, тобто підпорядкований орган управління буде вимушений самостійно приймати рішення на свої подальші дії відповідно до обстановки. У цьому випадку управління не буде безперервним із-за втрати властивості своєчасності;

– управляючий вплив на підлеглих здійснюється раніше, ніж це потрібно за розвитком обстановки. У цьому випадку управління йде з

випередженням розвитку подій (наприклад, дій противника тощо). При цьому також можливо два випадки. Якщо рішення, що приймаються, є обґрунтованими, тобто в основі мають таке передбачення розвитку обстановки, коли результати прогнозу співпадають з розвитком реальних подій (ап'юріорні оцінки співпадають з апостеріюрними), тоді управління також матиме властивість своєчасності, а втрат управління не буде (тому воно також буде й безперервним). Але коли ап'юріорні оцінки обстановки відрізняються від її наступного розвитку (наприклад, із-за того, що інтервал прогнозу більше того, який є допустимим під час використання тієї чи іншої методики), тоді таке випереджувальне управління вже не можливо називати своєчасним тому, що до моменту, коли підлеглий буде вимушений діяти за умовами обстановки, ті дані, команди та сигнали, що ним отримані, вже втрачають свою актуальність і він знову вимушений приймати рішення самостійно. Тому, у цьому останньому випадку властивість безперервності управління не тільки втрачається, але й підлеглі перевантажуються надлишковою роботою, прагнучи виконувати не потрібні для них завдання. Слід відмітити, що управління з випереджувальним впливом на підлеглих – ситуація, яка має бути найбільш характерною для сучасних бойових дій. Необхідність такого управління диктується їх швидкоплинністю, напруженістю та прагненням випереджувати противника у діях для досягнення переваги. Реалізація такого управління вимагає використання сучасних методів прогнозування розвитку обстановки та оцінки якості рішень, що приймаються. Тільки за цієї умови може бути забезпечена потрібна безперервність управління. Якщо прагнути випереджувати противника, але рішення приймати неправильні, безперервність управління втрачатиметься;

– ситуація, коли управляючий вплив здійснюється своєчасно (у контексті того, що розглянуто) але неодноразово, не призводить безпосередньо до втрати управління, а має наслідком перевантаження органа управління та підлеглих надлишковою роботою. Якщо таке перевантаження із зростанням кількості повторень одного й того ж управляючого впливу буде суттєво відриватиме орган управління або підлеглих від виконання інших функцій (тобто знижувати обсяг їх «корисної» роботи за відомих обмежень на продуктивність кожного), тоді також може відбуватися втрата управління за непрямыми причинами, у разі чого управління втрачатиме властивість безперервності;

– ситуація, коли управляючий вплив здійснюється своєчасно та з необхідною тривалістю післядії, а виконавчий орган (підлеглий) виконує поставлене завдання (реагує на управляючий вплив) раніше, ніж це потрібно за умовами обстановки, зазвичай також не призводить до втрат управління, але дає додатковий час підлеглому для підвищення надійності виконання поставлених завдань;

– ситуація, коли управляючий вплив здійснюється своєчасно, але за причиною великої затримки доведення інформації до підлеглих або значного, ніж це передбачалося, перевищення витрат ними часу на виконання раніше поставленого завдання виконавчий орган не в змозі одразу реагувати на наступний управляючий вплив, також призведе до часткової втрати управління. Така ж ситуація виникає у випадку, коли потрібний управляючий вплив не здійснювався за якимись причинами (був пропущений). Якщо далі компенсувати цю втрату стає неможливим, управління не буде безперервним (частка поставлених завдань не виконуватиметься, або частка завдань не ставитиметься взагалі).

Суттєвим для розуміння поняття безперервності управління є те, що будь-який управляючий вплив (команда, сигнал, передані дані та ін.) має властивість «корисної» післядії (далі за текстом – післядії). Тобто управляючий вплив завжди зберігає свою актуальність (корисний ефект) протягом деякого часу, а не втрачає її одразу ж з отриманням підлеглими цієї команди, сигналу або даних.

Тому, якщо в час між двома сусідніми управляючими впливами до моменту, коли підлеглий закінчить виконання поставленого завдання, перший з них зберігає властивість післядії, тобто поставлене завдання (команда, сигнал, дані та ін.) відповідають розвитку обстановки та не вимагають коригування, то таке управління буде безперервним. Якщо цього не відбувається, виникає втрата управління і тоді така властивість як безперервність управління не буде йому присутня.

Сумарний час, протягом якого після чергового управляючого впливу (команди) підлеглий здатний успішно вирішувати завдання без додаткового втручання органа управління, характеризується тривалістю післядії, на яку розрахований i -й управляючий вплив (τ_i).

Розглянуте дає можливість сформулювати необхідну та достатню умову безперервності управління: щоб бути безперервним, управління має бути своєчасним, а інтервали між двома сусідніми управляючими впливами на підлеглих і від початку першого до моменту виконання поставленого

завдання підлеглим – не мають перевищувати допустиму тривалість післядії першого з них.

При цьому під своєчасністю управління розуміють те, що управляючий вплив буде здійснений не пізніше, ніж це потрібно за умовами розвитку обстановки, а при випереджувальному управляючому впливі тривалість його післядій буде більшою, ніж інтервал часу від здійснення управляючого впливу до того останнього моменту, коли за умовами обстановки виконавчий орган (підлеглі) ще буде в змозі відпрацювати поставлене завдання або відповідно відреагувати на управляючий вплив.

Отже, у найпростішому випадку, коли кожна i -та функція управління реалізується своєчасно, послідовно та без перекриття за часом (Δt_i), загальний термін виконання всіх n функцій управління знайдеться як [11]

$$T_{\text{в.з}} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i. \quad (4.16)$$

Для випадку, коли кожна з n функцій управління виконується послідовно та має свою тривалість післядії, сумарний час ($T_{\text{у.в}\Sigma}$), протягом якого немає необхідності повторного втручання у дії підлеглих, розраховується як

$$T_{\text{у.в}\Sigma} = \sum_{i=1}^n \tau_i. \quad (4.17)$$

При цих припущеннях коефіцієнт безперервності управління (K_6) знаходиться як відношення сумарного часу, протягом якого без додаткового надлишкового втручання зберігається корисна післядія управляючого впливу на виконавчі органи (на підлеглих), до сумарного часу виконання функцій управління бойовими діями

$$K_6 = \frac{T_{\text{у.в}\Sigma}}{T_{\text{в.з}}}. \quad (4.18)$$

Для розглянутого випадку значення цього показника прагнутиме до одиниці, коли тривалість післядії кожного управляючого впливу приблизно дорівнюватиме інтервалу між цими впливами, а момент їх здійснення –

співпадатиме з виникаючою потребою постановки (уточнення) завдань підлеглим. При цьому управління стає не тільки безперервним, але й не переважуватиме органи управління та підлеглих надлишковою роботою.

Якщо тривалість післядії будь-яких управляючих впливів буде менше, ніж потрібний інтервал між здійсненням сусідніх впливів, виникає ситуація часткової втрати управління, коли на інтервалі $\xi = \Delta t_i - \tau_i$ підпорядкований орган управління вимушений самостійно приймати рішення на продовження своїх дій у зв'язку з тим, що на цей час обстановка змінилася так, що поставлене раніше завдання вже не відповідає потрібним діям. Управління втрачає властивість безперервності, а розглянутий показник приймає значення менше одиниці.

Навпаки, коли тривалість післядії управляючих впливів стає більшою, ніж потрібний інтервал між здійсненням сусідніх впливів (його величина диктується розвитком обстановки, а не суб'єктивним бажанням органу управління), тоді управління буде безперервним, а значення введеного показника (для розглянутого простішого випадку) буде більше одиниці.

Недолік введеного показника безперервності полягає у тому, що недостатня тривалість післядії деяких управляючих впливів на окремих етапах бойових дій може компенсуватися у визначеній сумі перебільшенням тривалості післядії на інших етапах дій. При цьому й при втратах управління показник іноді прийматиме значення більше одиниці. Частково позбавитись цього можна, якщо розглядати як показник безперервності управління відношення середньої величини тривалості післядії до середньої величини інтервалу між управляючими впливами на виконавчий орган (підлеглих)

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \quad \tau_{\text{сер}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i. \quad (4.19)$$

Тоді шукана величина модифікованого показника безперервності управління може бути знайдена як

$$K_{\text{сер}} = \frac{\tau_{\text{сер}}}{\Delta t_{\text{сер}}}. \quad (4.20)$$

Основним недоліком цього показника є те, що він не враховує властивість своєчасності управління (тобто співвідношення між потрібним

часом здійснення управляючого впливу та часом, коли це відбувається або може відбутися), а також не враховує співвідношення між тривалістю післядії та величиною випередження управляючого впливу відносно часу, коли його потрібно здійснити за умовами зміни обстановки, завдань та ін. Але саме така ситуація, коли управління здійснюватиметься з випереджувальним управляючим впливом й є більш характерною для сучасних бойових дій.

Крім цього, у зв'язку з тим, що моменти здійснення управляючого впливу в ході бойових дій, моменти, коли це потрібно робити, та тривалість післядії управляючого впливу – є випадковими величинами, було б корисно шукати показник безперервності у вигляді імовірнісної величини.

Тому подальший пошук показника безперервності управління, який має враховувати всі основні властивості процесу управління, здійснений з урахуванням такої системи гіпотез і припущень:

– визначальна (апріорна) якість сформованого управляючого впливу (постановка завдань, команди, сигнали, дані обстановки, що доводяться та ін.) визначається очікуваним приростом ефективності дій підлеглих (наскільки реалізація прийнятого рішення позитивно впливатиме на досягнення мети бойових дій), достовірністю рішення (наскільки повно в ході його формування враховані значущі фактори, що впливають на ефективність вирішення поставленого завдання; наскільки достовірна інформація, за якою формувався управляючий вплив; яку величину похибки мають використані методики) та тривалістю «корисної» післядії (протягом якого часу немає потреби коригувати вироблений управляючий вплив для реагування на зміну обстановки);

– характеристики управляючого впливу з відомим припущенням можливо описати величиною його середньої тривалості післядії, тобто часом (τ_i), протягом якого реалізація поставлених підлеглим завдань відповідає розвитку обстановки та дозволяє досягти мети бойових дій, яка визначена органом управління в ході реалізації ним своїх функцій шляхом вироблення та здійснення відповідних управляючих впливів на підлеглих. Чим менше приріст ефективності бойових дій та достовірність рішення, на основі якого сформований управляючий вплив, тим менше тривалість його «корисної» післядії, тому для недостовірних рішень, які не мають ефекту, дорівнюватимемо тривалість післядії нулю. На випадок, коли потрібний управляючий вплив зовсім пропущений (не здійснений органом управління), також вважатимемо його тривалість післядії такою, що дорівнює нулю. З іншого

боку величина тривалості післядії управляючого впливу обмежується інтервалом часу, через який треба коригувати прийняте рішення у зв'язку зі зміною обстановки або зменшенням достовірності раніше прийнятого рішення, а значить й здійснювати новий управляючий вплив на підлеглого. Треба відмітити, що величина «корисної» післядії управляючого впливу не залежить від суб'єктивних бажань органа управління та визначається тільки об'єктивними факторами. Тому вона суворо вимірюється від моменту часу, коли потрібно здійснювати управляючий вплив, а момент закінчення «корисної» післядії не суттєво залежить від того, коли дійсно на практиці почався управляючий вплив на виконавчий орган (підлеглих), скільки часу доводилася інформація, та як швидко здійснена реакція у виконавчій ланці (останнє все ж залежить від завдань, що вирішуються, але для розглянутих умов бойового управління угрупованнями авіації і протиповітряної оборони Повітряних Сил може бути виведене в обмеження);

– моменти часу (t_i), коли потрібно починати здійснювати управляючий вплив на підлеглих, визначаються розвитком обстановки, необхідністю випередити противника у діях, об'єктивно виникаючими або поставленими завданнями, та не залежать від суб'єктивного бажання органу управління здійснити цей управляючий вплив.

– моменти часу (T_i), коли орган управління починає здійснювати управляючий вплив на підлеглих під час виконання тієї чи іншої функції, визначаються з урахуванням інформованості органу управління щодо розвитку обстановки, його прагнення випередити противника у діях, об'єктивно виникаючих або поставлених завдань, продуктивності органу управління щодо формування та здійснення управляючих впливів, його спроможності виконувати свої функції у цей час;

– процес здійснення управляючих впливів на підлеглих характеризується середнім інтервалом часу (Δt_i) між двома сусідніми впливами або інтенсивністю управляючих впливів;

– об'єктивно виникаюче розходження між потрібним моментом часу здійснення управляючого впливу та моментом часу, коли воно здійснено, характеризується середнім часом розбіжності цих моментів (v_i), який дорівнює нулю, коли розходжень немає, більше нуля, коли реальний вплив здійснюється пізніше потрібного, менше нуля, коли реалізується випереджувальне управління;

– зазвичай тривалість післядії управляючого впливу значно більше тривалості доведення змісту цього управляючого впливу до виконавчого

органу (підлеглих), тоді останню можна й не враховувати під час проведення розрахунків. Але у загальному випадку, особливо в ході обґрунтування вимог до засобів і способів доведення інформації до підлеглих, урахування відповідних затримок буде доцільним. Це можна зробити, якщо таку затримку враховувати в ході визначення інтервалу та часу закінчення виконання підлеглими поставленого завдання (закінчення здійснення реакції на управляючий вплив виконавчим органом);

– як обмеження введено припущення, що всі роботи, потрібні виконавчому органу (підлеглому) для виконання завдань, що поставлені шляхом здійснення i -го управляючого впливу, мають починатися не раніше потрібного моменту здійснення цього впливу (що визначається обстановкою) та мають закінчитися до потрібного моменту здійснення чергового ($i + 1$) впливу. Якщо цього не відбувається, підлеглий продовжує виконувати раніше поставлене завдання й виникає ситуація зриву управління за причиною його нездатності виконувати нове (такий порядок роботи характерний, наприклад, для управління процесом ураження повітряних цілей). Як характеристика продуктивності виконавчого органа обраний середній час виконання поставленого завдання (χ_i);

– моменти часу здійснення управляючого впливу (потрібний та той, коли це відбулося), закінчення «корисної» післядії управляючого впливу, доведення управляючого впливу до виконавчого органа та закінчення відпрацювання ним поставленого завдання – є випадковими величинами, які залежать від багатьох факторів та умов розвитку бойових дій і процесу управління з'єднаннями та частинами авіації і протиповітряної оборони Повітряних Сил.

Розглянуті середні інтервали часу між сусідніми управляючими впливами, середня розбіжність між потрібним і зробленим управляючим впливом, середня затримка часу на його доведення та середня продуктивність органу управління – є не випадкові величини (математичні сподівання відповідних випадкових величин), які характеризують властивості та параметри розвитку процесу управління за часом.

Їх значення може бути знайдене («виміряне») на основі статистичного аналізу процесів, що реально мають місце, або шляхом моделювання.

У свою чергу це дає можливість визначати такі параметри системи управління, за яких ці величини приймуть значення, що відповідають умовам забезпечення безперервного управління з'єднаннями та частинами.

Оговорені умови вирішення задачі ілюструються на рис. 4.1 та дозволяють звести її до такого.

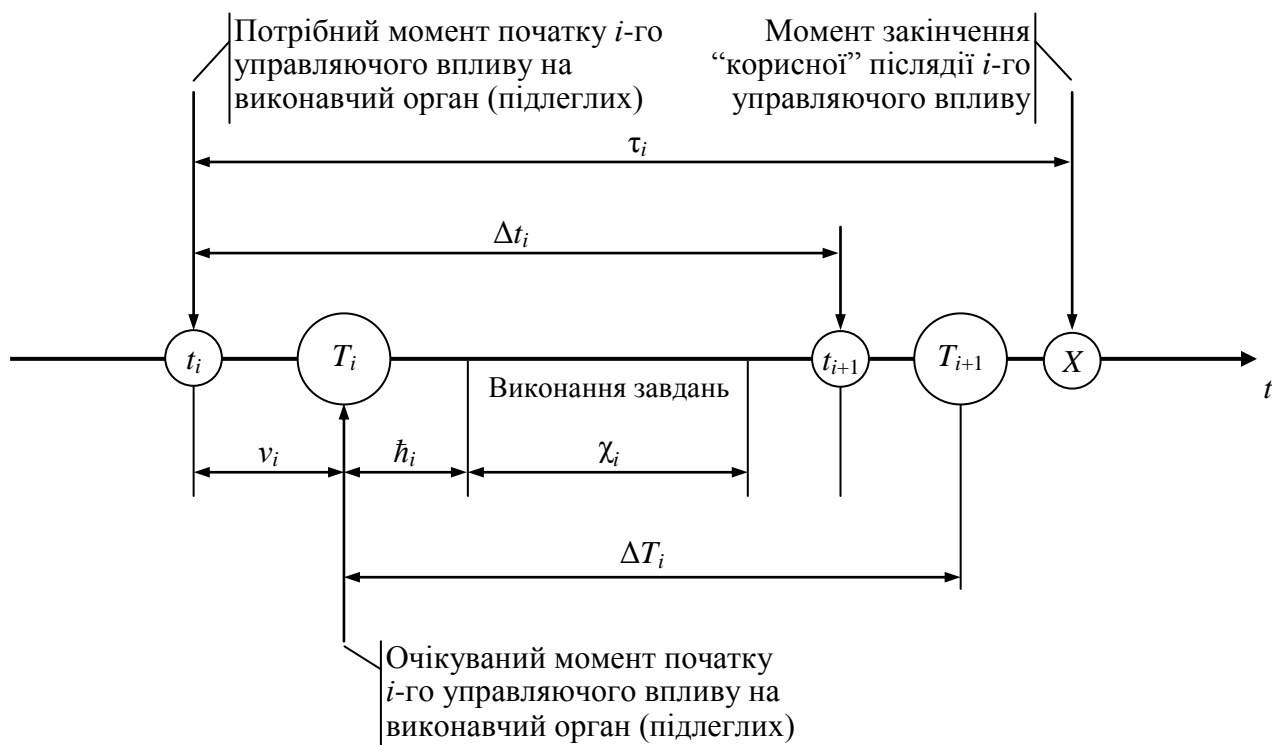


Рис. 4.1. Співвідношення параметрів, які характеризують динаміку розвитку процесу управління

Нехай відомі вимірні параметри (макропараметри), які характеризують динаміку розвитку процесу управління угрупованнями ПС за часом:

Δ – середній інтервал часу між двома сусідніми моментами $\{t_i, t_{i+1}\}$, коли потрібно здійснювати i -й управляючий вплив за умовами обстановки;

ΔT_i – середній інтервал часу між двома сусідніми моментами $\{T_i, T_{i+1}\}$, коли орган управління здійснює (прагне здійснити) i -й управляючий вплив;

v_i – середня розбіжність між моментами часу, коли потрібно починати здійснювати та коли почався здійснюватися (очікується, планується почати здійснювати) i -й управляючий вплив на виконавчий орган (підлеглих);

τ_i – середня тривалість «корисної» післядії i -го управляючого впливу;

χ_i – середній час виконання поставленого завдання виконавчим органом;

\hbar_i – середня затримка доведення управляючого впливу до виконавчого органа (підлеглих) за часом.

Необхідно знайти вираз для розрахунку значення показника безперервності управління, який залежить від цих параметрів і відображає стохастичний характер процесів, що відбуваються при управлінні з'єднан-

нями та частинами авіації й протиповітряної оборони Повітряних Сил, а також знайти залежність між значенням показника безперервності управління та приростом ефективності бойових дій, який при цьому очікується.

Як показник безперервності управління для розглянутих умов шукатимемо імовірність того, що на визначеному часовому інтервалі не відбудеться зриву управління за будь-якої з вказаних вище причин (тобто управління матиме властивість безперервності у розглянутому раніше сенс).

Якщо при розгляді цього показника звернути увагу на частотне трактування шуканої імовірності – як відношення кількості сприятливих подій (того, що управління буде безперервним) до загальної кількості подій, що розглядаються (наприклад, кількості боїв), тоді виникає можливість перейти до визначення зв'язку між показником безперервності управління бойових дій та їх очікуваною ефективністю.

Загальна методика розв'язання цієї задачі зводиться до такого.

Нехай відома очікувана ефективність бойових дій в умовах повністю децентралізованого управління (тобто коли централізоване управління з боку старшого органу управління у ході бойових дій було повністю втрачено).

Ефективність бойових дій при цьому прийматиме якесь мінімальне значення (E_{\min}) у силу того, що не реалізований системний ефект при веденні бою (різні комплекси обстрілювали одну й ту ж ціль, пропускаючи інші цілі (групи цілей), які б за наявності централізованого управління були б обстріляні; несвоєчасно переносилися зусилля на головний напрямок; інформація оповіщення йшла з великою затримкою та ін.).

Навпаки очікувана ефективність в умовах повністю централізованого управління (коли воно було безперервним у розглянутому смислі) прагне до свого максимального значення (E_{\max}), якщо припускати, що прийняті рішення були у всіх випадках вірними та ще й «оптимальними».

Тоді множення приросту ефективності, який досягається переходом до безперервного централізованого управління, на імовірність того, що управління буде безперервним (β), дасть математичне сподівання приросту ефективності у конкретному випадку, а вираз для розрахунку очікуваної ефективності бойових дій (E_0) при заданому рівні безперервності управління матимемо вигляд [11]

$$E_0 = E_{\min} + \beta \cdot (E_{\max} - E_{\min}). \quad (4.21)$$

При цьому підході, якщо відомі залежності величини введених вимірюваних параметрів (макропараметрів) процесу управління від

керованих і некерованих параметрів системи управління та тих параметрів, що характеризують розвиток бойових дій, стає можливим відшукувати такі керовані параметри системи управління (наприклад, методом Парето-оптимізації), які задовольняють вимоги забезпечення безперервності управління та сприяють підвищенню на цій основі ефективності бойових дій з'єднань і частин авіації і протиповітряної оборони Повітряних Сил.

Для розрахунку значення шуканого показника безперервності управління у простішому випадку, коли послідовно вирішується одна функція управління з відомими середніми величинами часових параметрів, що наведені на рис. 4.1, можна знайти його аналітичний вираз.

Розглянемо у термінах подій процес доведення, виконання і закінчення відпрацювання деякого завдання, яке поставлене шляхом здійснення управляючого впливу на виконавчий орган (підлеглих).

Нехай подія A полягає в тому, що виконання підлеглим поставленого йому завдання закінчується у будь-який випадковий момент часу x , що не перевершує величини $t + \Delta t$, тобто $A : \{x \leq (t + \Delta t)\}$.

Подія B полягає в тому, що виконання завдання, поставленого підлеглому, закінчено на інтервалі часу, що перевершує величину t , тобто $B : \{x > t\}$.

Позначимо шукану імовірність того, що виконання завдання підлеглим буде закінчено не пізніше моменту t , як $P(t) = P\{x \leq t\}$, тоді імовірність того, що відбудеться подія B , може бути розрахована як $P(B) = 1 - P(t)$.

Перетинання подій A і B відповідає події AB , яка полягає в тому, що час закінчення відпрацювання підлеглим поставленого йому завдання лежить у межах від величини t до величини $t + \Delta t$, тобто $AB : \{t < x \leq (t + \Delta t)\}$. Відповідно імовірність цієї події визначатиметься як

$$P(AB) = P(t + \Delta t) - P(t). \quad (4.22)$$

Тоді з використанням відомого виразу для умовної імовірності $P(A/B)$ настання події A за умови, що мала місце подія B

$$P(A/B) = \frac{P(AB)}{P(B)}, \quad (4.23)$$

виникає можливість знайти цю умовну імовірність $P(A/B)$ закінчення

підлеглим виконання поставленого йому завдання на інтервалі Δt , за умови, що до моменту t його відпрацювання ще не було закінчено.

Після підстановки і необхідних перетворень вираз для розрахунку шуканої імовірності отримує вигляд

$$P(A/B) = \frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{1 - P(t)}. \quad (4.24)$$

Щоб знайти імовірність $P(t)$ закінчення виконання завдання підлеглим у момент часу t , слід розглянути специфічну межу, що характеризує цю імовірність, при прагненні величини Δt до нуля

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{\Delta t(1 - P(t))}. \quad (4.25)$$

Якщо припустити, що така межа існує і дорівнює деякій величині μ , тоді з урахуванням визначення похідної $P'(t)$ останній вираз перетворюється у диференціальне рівняння першого порядку

$$\mu = \frac{P'(t)}{1 - P(t)}. \quad (4.26)$$

Після інтегрування знаходиться рішення диференціального рівняння

$$P(t) = 1 - e^{-\int_0^t \mu \cdot dt}. \quad (4.27)$$

У цьому випадку величина

$$\mu = \frac{1}{T_{\text{сер}}} \quad (4.28)$$

може мати зміст інтенсивності виконання поставлених завдань, а час $T_{\text{сер}}$ – середнього значення часу, потрібного для цього.

За умови постійного значення $T_{\text{сер}}$ вираз приймає більш простий вигляд

$$P(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T_{\text{сер}}}}. \quad (4.29)$$

Отже, отримана формула може бути використана для визначення імовірності своєчасного виконання завдань за кожною h -ю функцією управління, а тому і для оцінювання оперативності процесу управління, який реалізується в конкретній структурі системи управління.

Але при цьому виникає необхідність в оцінюванні середнього потрібного часу ($T_{\text{сеп}}$) на формування та реалізацію управляючого впливу (реалізацію функції управління) та часу, який є у розпорядженні за умовами обстановки ($t = T_p$).

Враховуватимемо, що величина $T_{\text{сеп}}$ відраховується від моменту часу, коли орган управління почав здійснювати управляючий вплив (постановку завдання, доведення даних та ін.).

Тоді її значення дорівнюватиме сумі середньої за часом затримки доведення управляючого впливу до виконавчого органа (\hbar_i) та середнього часу виконання ним поставленого завдання (χ_i)

$$T_{\text{сеп}} = \hbar_i + \chi_i. \quad (4.30)$$

Розрахований від цього моменту час, який є у розпорядженні виконавчого органа (T_p) з урахуванням наведених вище положень, що передбачають безперервність управління, знаходитимуться у вигляді

$$T_p = (\min(\Delta t_i, \tau_i, \Delta T_i) - v_i) \xi, \quad (4.31)$$

де $\xi = \{0, 1\}$ – параметр, що ураховує умови виконання декількох функцій управління.

На випадок, коли орган управління одночасно виконує декілька функцій, а моменти початку управляючих впливів на різні виконавчі органи (підлеглих) відрізняються, причому для кожної функції управління на кожному етапі бойових дій, що розглядається, часові параметри виявляються різними (що й характерно для реальних бойових дій), шукана імовірність того, що управління буде безперервним за декількома функціями управління може бути знайдена за відомими формулами імовірності сумісного виникнення групи подій у припущенні, що ці події є стохастично незалежними.

Але на практиці це не зовсім так, тому подібна оцінка буде, як правило,

вищою в основному з причини того, що не враховуються взаємні накладки у часі під час виконання органом управління різних функцій.

Така характеристика органів управління як її структура, в першу чергу, визначатиме якість функціонування системи.

Важливим для структури є ієрархічність підпорядкованості органів управління, робітний час (час реакції) органу управління для відпрацювання впливів, що виникають у зовнішньому і внутрішньому середовищі, інтенсивність управлінських впливів, які вимагають від органів управління приймати рішення, доводити їх до підпорядкованих об'єктів управління або надавати певну інформацію органам управління, яким підпорядковані самі.

Для оцінки узагальнених показників ефективності функціонування структури для кожного органу управління при заданих значеннях робітного часу та інтенсивності надходження вхідних заявок розраховується середній час виконання одного завдання за повний цикл управління.

Затримання заявок у черзі призводить наприкінці моделювання до ситуації, коли частина заявок залишається невиконаною.

Частка невиконаних завдань визначає показник повноти виконання функцій управління, який розраховується як відношення виконаних завдань до їх загальної кількості для певного органу управління.

Найбільш критичним стає цей показник на полі бою для тактичного рівня управління, де реалізуються всі замисли й управлінські впливи.

Рівень органів управління може приймати тільки встановлені визначення: стратегічний, оперативно-стратегічний, оперативний, оперативно-тактичний, тактичний.

Набір рівнів у структурі має відображати ієрархічність й повноту процесів управління – формування стратегічних цілей, перетворення стратегічних цілей в оперативні, оперативних цілей – в тактичні, якщо є потреба у створенні додаткових рівнів управління, наприклад, – оперативного (для деталізації головної оперативної мети на частковій оперативній цілі), то це необхідно зазначати в таблиці вихідних даних.

Як тільки є два органи управління, що йдуть один за одним але належать різним рівням управління, то другий підпорядковується першому.

Для створення структури, в якій два органи не мають підпорядковуватися один одному, обираються параметри для них з однаковим рівнем управління і з функціями однакової важливості.

Підпорядковані органи управління підпорядковуватимуться тому органу управління (на одному рівні управління), у кого функція складатиме

варіант «Рішення» або «Рішення-План-Командування».

Така формалізація вхідних даних дозволяє моделювати взаємні відносини між органами в ієрархії управління та застосовувати відповідні алгоритми розрахунку сумарного робітного часу і середнього сумарного часу на відпрацювання завдань (показники ефективності).

Після завершення моделювання визначається показник ефективності (K_e) конкретного варіанта структури органів управління, який розраховується з урахуванням сумарного робітного часу (T_{rs}) й середнього сумарного часу (T_{us}) для виконання завдань управління за формулою [0]

$$K_e = \left(\frac{T_{\text{мод}}}{T_{us}} + \frac{T_{\text{мод}}}{T_{us}} \right). \quad (4.32)$$

Для виключення впливу тривалості часу моделювання ($T_{\text{мод}}$) на значення показника ефективності у формулі береться відношення зазначених вище часів.

У формулі (4.32) враховується фізичний зміст залежності якості процесів управління від робітного часу і прогнозованого середнього часу для виконання завдань органами управління (чим більше час, тим менше значення показника якості).

Значення T_{rs} і T_{us} розраховується за зазначеними правилами [0]

$$T_{rs} = \begin{cases} \sum_i T_{rs_i}, & \text{при "послідовному" підпорядкуванні ОУ;} \\ \max_i(T_{rs_i}), & \text{при "паралельному" підпорядкуванні ОУ.} \end{cases} \quad (4.33)$$

$$T_{us} = \begin{cases} \sum_i T_{us_i}, & \text{при "послідовному" підпорядкуванні ОУ;} \\ \max_i(T_{us_i}), & \text{при "паралельному" підпорядкуванні ОУ.} \end{cases} \quad (4.34)$$

«Послідовне» підпорядкування органів управління передбачає послідовне виконання функцій управління (загальний час складається), а «паралельне» підпорядкування визначає порядок врахування одночасно виконуваних функцій управління декількома підпорядкованими органами

управління для прийняття рішення старшим органом (загальний час визначається як максимальний з часів підпорядкованих органів управління).

Отже, в значенні показника ефективності структури враховується вплив не тільки значення часу виконання функцій управління, але й порядок побудови самої структури органів управління.

Одному органу можуть надаватися функції тільки прийняття рішення, іншому тільки планування або командування в ході ведення бойових дій, іншим органам управління відразу три функції – приймати рішення, планувати й управляти бойовими діями.

Рівень і функції управління в структурі за допомогою логічних алгоритмів змінюють підпорядкованість органів управління на схемі, яка автоматизовано формується у вигляді окремого дерева.

На структуру додатково мають впливати значення специфіки бойових дій (на суші, у повітрі, на морі й все разом). Але при цьому робітний час таким органам управління має збільшуватися за умови одночасного управління веденням бойових дій у трьох сферах бойового простору.

За допомогою даної моделі можна побудувати будь-яку структуру управління. Загалом, значення загального показника ефективності враховує вплив як нормативного робітного часу, середнього часу виконання завдань за певний період ведення бойових дій, так і конфігурацію структури органів управління, що визначає порядок роботи з організації процесів прийняття (уточнення) рішень, постановки (доведення) бойових завдань у ході ведення бойових дій. Для однакових внутрішніх і зовнішніх умов ведення бойових дій можна провести порівняльну оцінку різних варіантів структур органів управління.

4.3. Модель оцінки об'єктивності виконання завдань управління в структурі системи управління

Для визначення показника об'єктивності виконання завдань за кожною функцією управління в будь-якій структурі системи управління можна скористатися відомим методичним підходом, який запропонований в [3, 4] в ході оцінювання ефективності математичних моделей [15].

На підставі припущення, що системою управління з відповідною структурою забезпечується виконання завдань з реалізації однієї функції для досягнення одного конкретного кількісного результату U_y . Тоді під час ідеального виконання цих завдань

$$U_y = I. \quad (4.35)$$

Але в зв'язку з невизначеністю обстановки (випадковими похибками вхідних даних), яка обумовлена неточністю даних про противника, свої війська та оточуюче середовище, а також у зв'язку з методичними похибками та обмеженою кількістю варіантів можливого розвитку подій отримане значення (x) параметра U_y відрізнятиметься від значення (I) під час ідеального виконання завдань: $U_y = x \neq I$.

Припустимо, що названі причини розходження незалежно впливають на результати виконання завдань за даною функцією в розглянутій структурі системи управління та системна помилка відсутня (у протилежному випадку вона може бути виявлена та усунена).

Також вважаємо, що причини виникнення випадкових похибок можуть бути кількісно оцінені значеннями відповідних середньоквадратичних відхилень.

Тоді за результатами виконання завдань підсумкове випадкове відхилення реального значення (x) від ідеального (I) визначатиметься дисперсією [3, 6]

$$\sigma_x^2 = \sigma_{\text{вх.д}}^2 + \sigma_{\text{м}}^2 + \sigma_{\text{к.в}}^2, \quad (4.36)$$

де $\sigma_{\text{вх.д}}^2$ – дисперсія, яка обумовлена помилками вхідних даних;

$\sigma_{\text{м}}^2$ – дисперсія, яка обумовлена методичною похибкою;

$\sigma_{\text{к.в}}^2$ – дисперсія, яка обумовлена обмеженою кількістю варіантів можливого розвитку подій.

Розглянемо окремо оцінку випадкового відхилення реального значення від ідеального, яка визначається дисперсією (4.35), для ідеальної, існуючої, оцінюваної структури та для випадку, коли виконання конкретної функції управління здійснюється незалежно від структури системи управління (наприклад, планування протиповітряної оборони об'єктів (військ) у своїй зоні відповідальності командирами зенітних ракетних бригад (полків) при децентралізованому управлінні).

Для ідеальної структури значення дисперсії визначається тільки помилками вхідних даних ($\sigma_x^2 = \sigma_i^2 = \sigma_{\text{вх.д}}^2$, $\sigma_M^2 = \sigma_{\text{к.в}}^2 = 0$), які обумовлені невизначеністю обстановки [3].

Для випадку, коли виконання конкретної функції управління здійснюється незалежно від структури системи управління зазвичай користуються досвідом розв'язання подібних задач, а саме, використовують апріорні знання, здобуті в процесі прийняття і реалізації рішень при вирішенні таких завдань у деякої кількості (n_d) аналогічних випадках.

З причини відсутності участі верхніх рівнів управління в реалізації конкретної функції методична похибка в цьому випадку буде відсутня ($\sigma_M^2 = 0$).

Відповідно до математичних викладень, які здійсненні в [6], дисперсію випадкової величини ($U_y = x$) під час виконання конкретної функції управління без участі структури системи управління ($\sigma_x^2 = \sigma_0^2$) можна знайти за такою формулою

$$\sigma_0^2 = \sigma_i^2 + \frac{\sigma_i^2}{n_d}. \quad (4.37)$$

В ході реалізації конкретної функції в існуючій (оцінюваній) структурі дисперсія ($\sigma_{\text{к.в}}^2$), яка обумовлена обмеженою кількістю варіантів можливого розвитку подій, може бути оцінена за формулою [6]

$$\sigma_{\text{к.в}}^2 = \frac{\sigma_i^2}{n_b + n_d}, \quad (4.38)$$

де n_b – кількість можливого розвитку подій, які враховані при вирішенні завдань для реалізації конкретної функції управління в розглянутій структурі системи управління.

Враховуючи (4.37) і (4.38) можна записати формулу для дисперсії випадкової величини (x) – результату виконання завдань з реалізації конкретної функції управління у відповідній структурі системи управління

$$\sigma_c^2 = \sigma_i^2 + \frac{\sigma_i^2}{n_b + n_d} + \sigma_m^2. \quad (4.39)$$

На наступному кроці оцінювання об'єктивності виконання завдань управління в структурі системи управління Повітряних Сил можна здійснити за допомогою показника, отриманого на підставі формул (4.36) і (4.37) для дисперсій, а також проведених в [6] математичних перетворень для визначення показника втрат ефективності під час використання та без використання відповідних структур

$$C_h^* = \frac{B_h^b - B_h^*}{B_h^b - B_h^i} = \frac{\sigma_b - \sigma_c}{\sigma_b - \sigma_i}, \quad (4.40)$$

де B_h^b , B_h^i , B_h^* - показники втрат ефективності при вирішенні завдань для реалізації конкретної функції управління у випадках відповідно індексів: б – без участі структури системи управління; і – в ідеальній структурі системи управління; * - в розглянутій (існуючій або оцінюваній) структурі системи управління.

Тоді, якщо провести ряд підстановок і математичних перетворень, на підставі визначеної шкали значимих факторів і параметрів для реалізації конкретної функції управління та ряду наведених у [3, 6] припущень і відомих формул приблизного обчислювання деяких математичних виразів можна записати кінцеву формулу оцінки показника об'єктивності виконання завдань управління в ході реалізації будь-якої функції управління в будь-якій структурі системи управління

$$C = 1 - \sum_{j=1}^4 \lambda_j \sum_{k=1}^K \beta_k, \quad (4.41)$$

де β_k - вага k -го фактора (параметра) із шкали значущих факторів і параметрів (K – кількість факторів у шкалі для реалізації конкретної функції управління). У ряді випадків може бути визначено у відносних одиницях експертним методом для кожного фактора (параметра) з визначеної шкали;

λ_j - показник відносної методичної похибки, яка виникає під час виконання завдань з реалізації функції управління для досягнення конкрет-

ного кількісного результату. Він дорівнює [3]

$$\lambda_j = \begin{cases} 0; & \text{при безпосередньому урахуванні фактора } (j = 1); \\ 0,4 - 0,49; & \text{при простому узагальненні фактора } (j = 2); \\ 0,6; & \text{при функціональному узагальненні фактора } (j = 3); \\ 1,0; & \text{при непрямому узагальненні фактора } (j = 4). \end{cases} \quad (4.42)$$

Отже, отримані вирази для показників об'єктивності виконання завдань за функцією управління в структурі системи управління C (4.41), оперативності $P(t)$ (4.29) виконання завдань за функцією управління в структурі системи управління, а також безперервності управління K_e (4.32) і повноти виконання всієї сукупності функцій управління в структурі системи управління Φ (4.15), і узагальненого показника E^o (4.14) за допомогою шкали значущих факторів і параметрів управління дозволяють кількісно оцінювати функціональну ефективність будь-якої структури, порівнювати різні структури і встановлювати факт необхідності розробки нової або вдосконалення існуючої структури системи управління Повітряних Сил, а також визначати напрямки її вдосконалення.

За допомогою розробленої системи показників можна оцінити структуру системи управління Повітряних Сил у цілому, в тому числі порівняно з різними варіантами організаційної структури за цими показниками.

Вхідними даними для оцінювання ефективності структури системи управління Повітряних Сил у ході використання розроблених показників є:

– склад функцій управління, які реалізуються в органах управління Повітряних Сил;

– склад завдань, що вирішуються для реалізації кожної функції;

– коефіцієнти «важливості» (η_h) кожної функції, що реалізується;

– шкала значущих факторів і параметрів у ході реалізації кожної функції управління та процесу управління в цілому з ваговими коефіцієнтами (β_k) кожного фактору;

– оцінки потрібного та наявного часу для виконання кожної функції управління та сумарного робітного часу (T_{rs}) й середнього сумарного наявного часу (T_{us}) для реалізації процесу управління.

Зазначені параметри вхідних даних можуть бути оцінені для кожної існуючої або перспективної структури системи управління Повітряних Сил, тому розроблені показники можуть бути обчислені.

Кожен із розроблених і відомих показників характеризує одну або декілька властивостей структури системи управління. При цьому за допомогою розроблених показників можна оцінити функціональну доцільність кожного з варіантів структури системи управління. Однак для повної характеристики структури системи управління необхідно застосовувати набір як розроблених, так і відомих показників.

Висновки за розділом 4

1. Відсутність інтегральної (управлінської і бойової діяльності військової організації) моделі ведення бойових дій повітряними силами вимагає шукати інші підходи для оцінювання ефективності структури системи управління Повітряних Сил.

2. Отримані вирази для показників об'єктивності виконання завдань за функцією управління в структурі системи управління (C), оперативності ($P(t)$) виконання завдань за функцією управління в структурі системи управління, а також безперервності управління (K_e) і повноти виконання всієї сукупності функцій управління в структурі системи управління (Φ), і узагальненого показника (E^o) за допомогою шкали значимих факторів і параметрів управління дозволяють кількісно оцінювати функціональну ефективність будь-якої структури, порівнювати різні структури і встановлювати факт необхідності розробки нової або вдосконалення існуючої структури системи управління Повітряних Сил, а також визначати напрямки її вдосконалення.

3. За допомогою розроблених показників можна оцінити функціональну доцільність кожного з варіантів структури системи управління. Однак для повної характеристики структури системи управління необхідно застосовувати набір як розроблених, так і відомих показників.

Список літератури до розділу 4

1. Ткаченко В. І., Дробаха Г. А., Смірнов Є. Б., Тристан А. В. Теорія прийняття рішень органами військового управління: монографія. – Харків: ХУПС, 2008. – 545 с.

2. Мазур І. І., Шапиро В. Д., Титов С. А., Элькіна Л. В. Реструктуризація підприємств і компаній: Справочное пособие. – М.: Высш. школа, 2000. – 587 с.

3. Городнов В. П. Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений Войск ПВО. – Харьков: ВИРТА, 1987. – 380 с.

4. Городнов В. П., Дробаха Г. А., Єрмошин М. О., Смірнов Є. Б., Ткаченко В. І. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): монографія. – Харків: ХВУ, 2004. – 409 с.

5. Малюга В. Г., Тристан А. В., Паталаха В. Г. Удосконалена сукупність показників якості для обґрунтування структури органів управління системи управління Повітряних Сил. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2016. № 3(27). С. 72-77.

6. Городнов В. П., Фык О. В. Математическое моделирование, оценка эффективности и синтез организационных структур предприятий. – Харьков: Изд-во НУА, 2005. – 192 с.

7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

8. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

9. Малюга В. Г., Романюк М. М., Крамаренко О. Б. Выбор признаков для оценки эффективности вариантов обеспечения функционирования системы разнородных многопараметрических объектов. Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць. – Київ: НАНУ, 2005. № 32. С. 153-156.

10. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях: методы таксономии и факторного анализа. – М.: Статистика, 1980. – 151 с.

11. Дробаха Г. А., Варакута В. П. Вплив співвідношення стійкості і безперервності на характеристики управління та шляхи розробки методики розрахунку значень показників процесу безперервності управління

з'єднаннями та частинами корпусу ППО під час бойових дій. Збірник наукових праць ХВУ. 2002. № 3 (41). – С. 17–19.

12. Малюга В. Г., Тіхонов Г. М., Чернобривченко О. М. Модель оцінки ефективності функціонування структури органів управління системи управління. Системи обробки інформації. 2014, № 7.– С. 165-167.

13. Bodyanskiy Y., Lamonova N., Pliss I., Vynokurova O. An adaptive learning algorithm for a wavelet neural network. Expert Systems. 2005. No 22(5). С. 235-240

14. Biletskiy, Y., Vorochek, O., Medovoy, A. Building ontologies for interoperability among learning objects and learners. Lecture Notes in Artificial Intelligence (Subseries of Lecture Notes in Computer Science). 2004. No 3029. С. 977-986/

15. Городнов В. П., Малюга В. Г. Показники та критерій оцінки ефективності структури системи управління Повітряних Сил. Честь і закон. 2018. Вип. 1(64). – С. 73–77.

16. Лазебник С. В., Малюга В. Г., Нерубацький В. О. Підхід до формування системи показників ефективності угруповань військ. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. 2012. № 4. – С. 5-8.

РОЗДІЛ 5

КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД АДАПТАЦІЇ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

5.1. Ієрархічні рівні адаптації. Алгоритм комплексного методу адаптації системи управління Повітряних Сил з урахуванням сучасних умов ведення збройної боротьби

5.2. Методика параметричної адаптації системи управління в ході ведення бойових дій

5.3. Методика структурної адаптації системи управління Повітряних Сил на етапі безпосереднього планування та в ході ведення бойових дій

5.4. Методика адаптації цілей системи управління Повітряних Сил на етапі безпосереднього планування та в ході ведення бойових дій

Розділ 5

КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД АДАПТАЦІЇ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Адаптація у сучасних умовах ведення збройної боротьби як процес пристосування складних організаційно-технічних систем до специфічних змін обстановки, що обумовлені діями противника і змінами навколишнього середовища, у переважній більшості випадків реалізується неформальним чином.

У даному розділі розглянуто адаптацію системи управління військами як складної організаційно-технічної системи. Необхідність розробки цього питання пов'язано, насамперед, із завданнями підвищення ефективності застосування угруповань військ у сучасних умовах ведення збройної боротьби за рахунок підвищення ефективності функціонування системи управління. При цьому формалізовані алгоритми адаптації можуть бути використані як на етапі побудови сучасної системи управління, так і в процесі ведення бойових дій за необхідністю пристосування існуючої системи управління до нових не прогнозованих особливостей збройної боротьби.

5.1. Ієрархічні рівні адаптації. Алгоритм комплексного методу адаптації системи управління Повітряних Сил з урахуванням сучасних умов ведення збройної боротьби

Сучасна тенденція розвитку методів і засобів адаптації обумовлена появою нових способів досягнення противником своїх часткових цілей у воєнному конфлікті та стратегічної мети конфлікту в цілому.

У свою чергу наявність адаптаційних властивостей дозволить системі управління виконувати покладені на неї функції та завдання з потрібним рівнем ефективності.

Слід відмітити, що адаптація сучасної системи управління обмежена жорсткими рамками існуючих структур її підсистем: органів управління, пунктів управління, засобів автоматизації (АСУ) та зв'язку. Адаптуватися в цьому випадку система управління може тільки в рамках заданої структури, тобто тільки варіюючи сукупністю управляючих впливів (команд і

параметрів управління) на об'єкт управління. Однак варіюванням планів управління не завжди можна забезпечити потрібний рівень ефективності виконання покладених на систему функцій та завдань. У цій структурній незмінності криється недосконалість існуючої системи управління, що сьогодні призводить до вичерпання можливостей щодо підвищення (збереження) ефективності її функціонування в сучасних умовах ведення збройної боротьби.

Нові завдання обумовлюють необхідність застосування нових підходів до побудови системи управління та її адаптації до таких умов, що дозволить адаптувати саму структуру системи управління, отримати принципово нові способи та методи пристосування системи управління до негативних впливів, збереження ефективності її функціонування в будь-яких умовах ведення збройної боротьби, в кінцевому рахунку – створити систему управління з надзвичайно гнучкою структурою, яку легко адаптувати, перебудувати на ефективне вирішення різних завдань.

За таким підходом кожен елемент системи (орган управління на будь-якому рівні управління) може в широких межах змінювати сукупність функцій, що ним реалізуються, та в цілому адаптувати систему до нових завдань. Елементи такої системи повинні мати велику зв'язність, що обумовить можливість безпосередньо обмінюватися інформацією з великою кількістю інших елементів системи. Саме тут виникає можливість щоразу для нового завдання будувати нову, адекватну йому систему управління. Здійснити це можна тільки методами адаптації структури зв'язків і функцій елементів системи.

Отже, адаптація стає вирішальним фактором докорінної зміни напрямку розвитку сучасних теоретичних основ синтезу системи управління Повітряних Сил і полегшує процес вирішення завдань, що висувуються сучасною теорією та практикою збройної боротьби.

Адаптацію як процес пристосування системи управління до специфічних властивостей об'єкта управління та змін обстановки, які обумовлені діями противника і змінами навколишнього середовища, можна розглянути у вигляді кількох ієрархічних рівнів, які відрізняються один від одного ступенем складності реалізації адаптивних заходів, а тому і часом виконання цих заходів на кожному рівні [4].

Розглянемо послідовно ієрархічні рівні від нижчого (простішого) до найвищого (найскладнішого).

Перший рівень – параметрична адаптація. Вона пов'язана з корекцією відповідно до змін обстановки сукупності управляючих впливів (розробленого плану застосування угруповання військ) органами управління будь-якого рівня системи управління, що призводить до зміни параметрів об'єкта управління, наприклад, ступеня реалізації бойових можливостей з'єднань, частин (підрозділів) угруповання військ, або рівня ефективності операції (бойових дій). Необхідність в такій адаптації виникає, як правило, за несуттєвих змін обстановки, або через зміни характеристик об'єкта управління (наприклад, втрати особового складу та озброєння), які не потребують перегляду переліку функцій та завдань, покладених на органи управління системи управління. Така адаптація дозволяє підлаштовувати систему управління на кожному такті управління, причому вихідною інформацією для неї є ступінь невідповідності запланованого стану об'єкта управління та його реального стану, здобутого в результаті останнього управляючого впливу (часткової реалізації плану управління). Що в свою чергу, призводить до невідповідності запланованого рівня ефективності застосування угруповання військ реальному, отриманому в результаті здійснення заходів плану операції (бойових дій). Отже, параметрична адаптація пов'язана з визначенням параметрів об'єкта управління в режимі нормального функціонування системи управління з метою корекції сукупності управляючих впливів (плану застосування угруповання військ).

Другий рівень – структурна адаптація. Далеко не завжди адаптація системи управління шляхом корекції її параметрів (сукупності управляючих впливів) дозволяє реалізовувати покладені на неї функції в нових умовах з потрібним рівнем ефективності управління. В такому випадку з'являється необхідність адаптації структури системи управління, що може бути реалізовано методами структурної адаптації. Наприклад, тут можна скористатися процедурою переходу від однієї альтернативної структури до іншої. При цьому альтернативи можуть відрізнятися кількістю і функціональною навантаженістю органів управління на будь-якому рівні управління, варіантами декомпозиції і структурою елементів системи управління. Альтернативні варіанти структур системи управління потребують узгодженості за параметрами управління, а саме, можливістю реалізації сукупності управляючих впливів, які адекватні змінам обстановки. Така узгодженість може бути досягнута методами розглянутої вище параметричної адаптації. Методично структурна адаптація системи управління може бути здійснена відповідно до алгоритмів структурного синтезу.

Третій рівень – адаптація цілей управління. Нарешті, якщо виконання заходів попередніх рівнів адаптації не призвели до потрібного результату (з'явилися неефективними), слід звернутися до адаптації цілей управління. У цьому випадку визначається нове дерево цілей управління (вносяться зміни до існуючого), досягнення яких забезпечується створеною системою управління. З огляду на те, що об'єкт управління змінюється (в результаті здійснених на нього впливів і разом із середовищем), змінюється і сукупність цілей, яка може і має бути ним досягнута. Важливо знати, які саме цілі можуть бути поставлені перед системою управління. Таку інформацію можна отримати шляхом адаптації цілей. У результаті цього процесу фактично адаптується суб'єкт, який змінює свої потреби так, щоб вони задовольнялися шляхом реалізації нового дерева цілей, що досягаються системою управління в даний період часу.

Тому адаптацію цілей слід вважати адаптацією потреб суб'єкта, який використовує створену систему управління та розуміє необхідність такої адаптації.

Після проведення адаптації цілей для узгодженості за параметрами управління потрібно знову провести структурну та параметричну адаптацію системи управління (рис. 5.1).

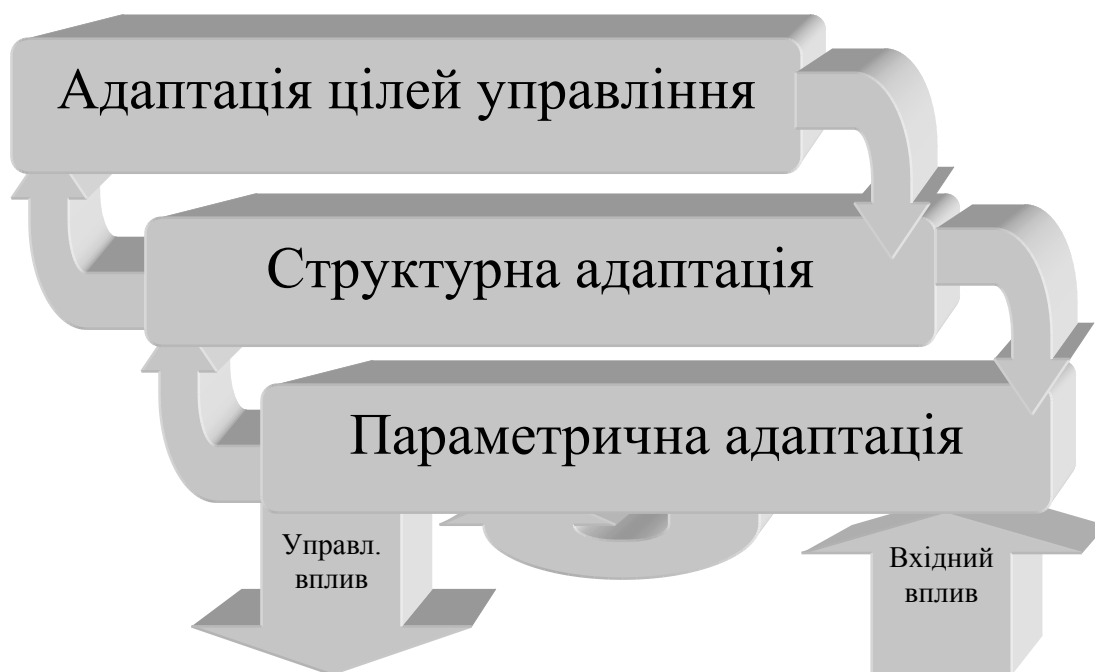


Рис. 5.1. Взаємозв'язок ієрархічних рівнів адаптації системи управління

На рис. 5.2 наведена агрегатна схема реалізації методу адаптації системи управління Повітряних Сил з урахуванням сучасних умов ведення збройної боротьби [7].

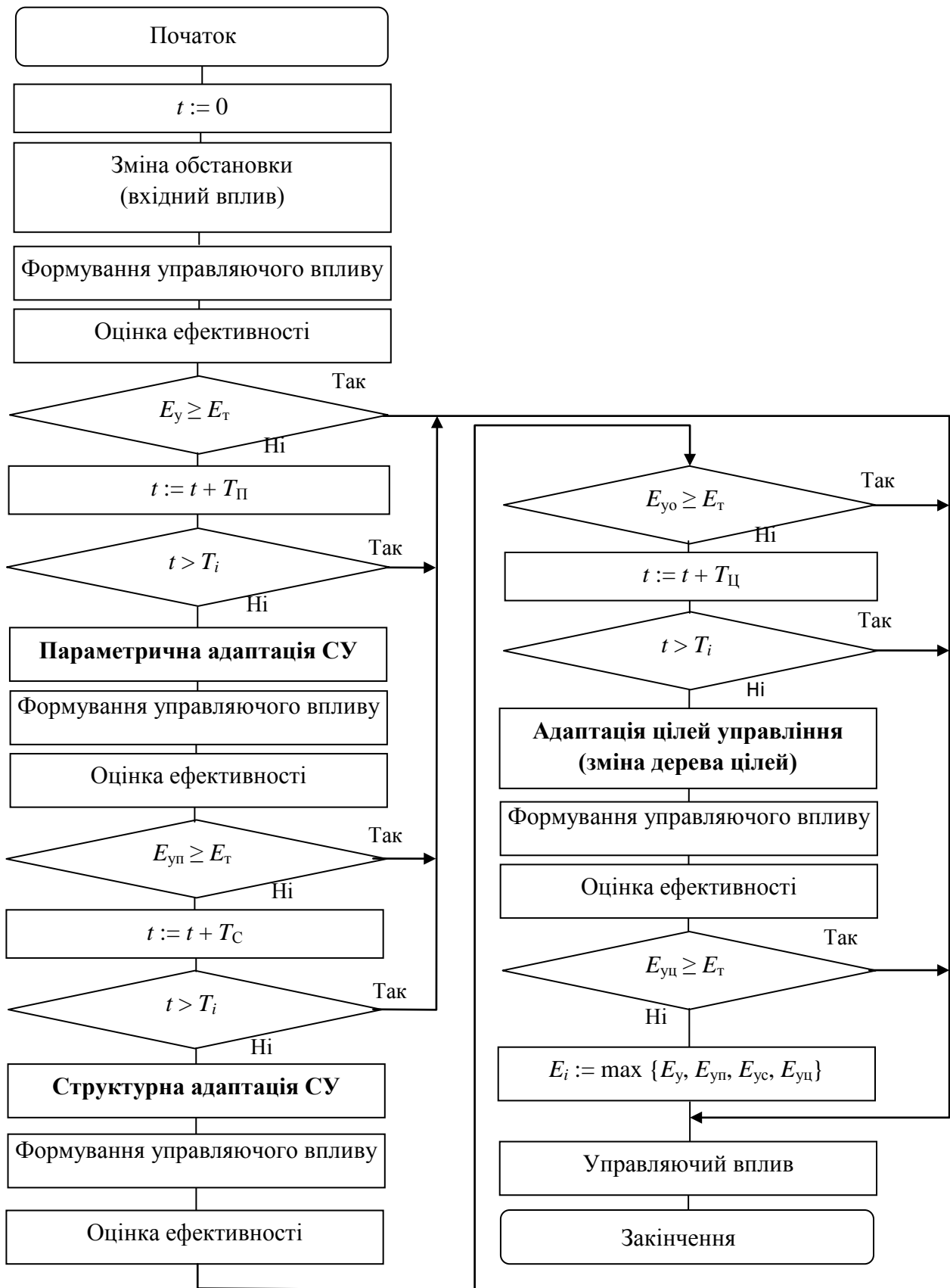


Рис. 5.2. Схема реалізації комплексного методу адаптації системи управління з урахуванням сучасних умов ведення збройної боротьби

Слід відмітити, що наведена схема відображає тільки одну ітерацію, коли орган управління прагне здійснити i -й управляючий вплив. Були використані такі позначення:

E_y – оцінка ефективності управління на i -й ітерації (i -го управляючого впливу);

E_T – мінімальне потрібне значення показника ефективності управління, за якого система управління вважається здатною якісно виконувати покладені на неї функції та завдання;

$E_{уп}$ – оцінка ефективності управління на i -й ітерації (i -го управляючого впливу) після проведення процедури параметричної адаптації системи управління;

E_{yc} – оцінка ефективності управління на i -й ітерації (i -го управляючого впливу) після проведення структурної адаптації системи управління;

T_C – термін часу, потрібний на проведення структурної адаптації системи управління;

$T_{Ц}$ – термін часу, потрібний на проведення адаптації цілей управління.

$E_{уц}$ – оцінка ефективності управління на i -й ітерації (i -го управляючого впливу) після проведення адаптації цілей управління;

$T_{П}$ – термін часу, потрібний на проведення параметричної адаптації.

Всі чотири рівні адаптації системи управління вирішують задачу забезпечення досягнення системою поставлених цілей. Кожен наступний рівень адаптації має постійний час реалізації процедури на декілька порядків вище, ніж попередній, працює значно повільніше

$$T_{П} < T_C < T_{Ц}. \quad (5.1)$$

Цю обставину слід враховувати в ході створення системи адаптації: верхні рівні адаптації мають включатися лише в тому випадку, якщо нижні не можуть ефективно відстежити зміни обстановки та об'єкти управління.

Введені такі показники (рис. 5.2):

t_i – момент часу, коли виникає потрібність здійснення i -го управляючого впливу на підлеглих (визначається розвитком обстановки, об'єктивно виникаючими або поставленими завданнями, не залежать від суб'єктивного бажання органу управління здійснити цей вплив);

T_i – момент часу, коли орган управління має здійснити управляючий вплив на підлеглих під час виконання тієї чи іншої функції (визначається з урахуванням інформованості органу управління щодо розвитку обстановки,

об'єктивно виникаючих або поставлених завдань, продуктивності органу управління щодо формування та здійснення управляючих впливів, його спроможності виконувати свої функції у цей час).

Тоді термін часу, який є у органа управління (системи управління) на адаптацію та здійснення управляючого впливу, можна визначити як

$$v_i = T_i - t_i. \quad (5.2)$$

При відбуванні специфічних змін обстановки, які обумовлені діями противника і (або) змінами навколишнього середовища, виникає потреба у виконанні управляючого впливу на об'єкт управління (момент часу t_i) з метою зміни його стану для досягнення відповідної часткової мети дерева цілей. Орган управління (система управління) в своєму існуючому стані формує управляючий вплив та оцінює його ефективність (ефективність управління). Якщо значення показника ефективності є задовільним, управляючий вплив здійснюється на об'єкт управління і на цьому i -та ітерація роботи органу управління закінчується. У протилежному випадку проводиться оцінка часу на проведення заходів параметричної адаптації.

При привішенні значення оцінки часу T_i здійснюється сформований управляючий вплив, хоча його ефективність не є задовільною. У цьому випадку виходимо з того, що погане управління краще ніж його відсутність. Якщо час є, проводиться процедура параметричної адаптації системи управління, формується адаптований управляючий вплив та при задовільній оцінці ефективності здійснюється його реалізація на об'єкт управління. У протилежному випадку проводяться дії, аналогічні описаним вище, за необхідністю для всіх рівнів адаптації.

У випадку, коли часу достатньо для реалізації всіх рівнів адаптації ($v_i \leq T_{\Pi} + T_C + T_{Ц}$) і процедура адаптації всіх рівнів не призвела до задовільної ефективності управління, вибирається із сформованих такий управляючий вплив, за якого оцінка ефективності управління максимальна.

Отже, комплексний метод адаптації структури системи управління Повітряних Сил з урахуванням сучасних умов ведення збройної боротьби дозволяє пристосувати систему управління до зміни обстановки на етапах безпосередньої підготовки та ведення бойових дій Повітряних Сил шляхом проведення багаторівневої процедури адаптації.

5.2. Методика параметричної адаптації системи управління в ході ведення бойових дій

Мету параметричної адаптації системи управління Повітряних Сил у ході ведення бойових дій можна подати як суперпозицію трьох цілей [4]:

– стабілізації стану об'єкта управління у динамічному та протиборчому зовнішньому середовищі (протидія середовища обумовлена діями противника, який є частиною цього середовища);

– переведення об'єкта управління в деякий кінцевий (цільовий) стан, в якому він набуває певні властивості;

– підвищення ефективності ведення бойових дій за рахунок підвищення ефективності управління.

Система управління Повітряних Сил Збройних Сил України діє в єдиному зовнішньому середовищі з об'єктом управління. Межа між простором, який є середовищем функціонування системи управління, і об'єктами управління відносна і визначається можливістю системи управління впливати на них: безпосередньо на об'єкт управління шляхом формування управляючого впливу, а на середовище опосередковано через об'єкт управління.

Виходячи з принципу різноманітності В. Р. Ешбі (англ. *William Ross Ashby*), кількість можливих управляючих впливів системи управління на об'єкт управління має перевищувати кількість можливих станів об'єкта управління. В іншому випадку об'єкт управління може прийняти стан, для якого у системи управління не буде адекватного параметру управління [5]. У цьому полягає сутність параметричної адаптації системи управління в ході ведення бойових дій.

Розглянемо застосування методів прийняття рішень у структурі системи управління, як на етапі ідентифікації (моніторингу) станів середовища і об'єкта управління (оцінка обстановки), так і в ході формування і реалізації управляючих впливів (прийняття рішення і його реалізація в ході ведення бойових дій) [6].

Конкретизуємо типову структуру системи управління, на основі подання та формалізації вхідних і вихідних параметрів об'єкта управління. У результаті отримаємо модель параметричної адаптації системи управління як складної організаційно-технічної системи (рис. 5.3).

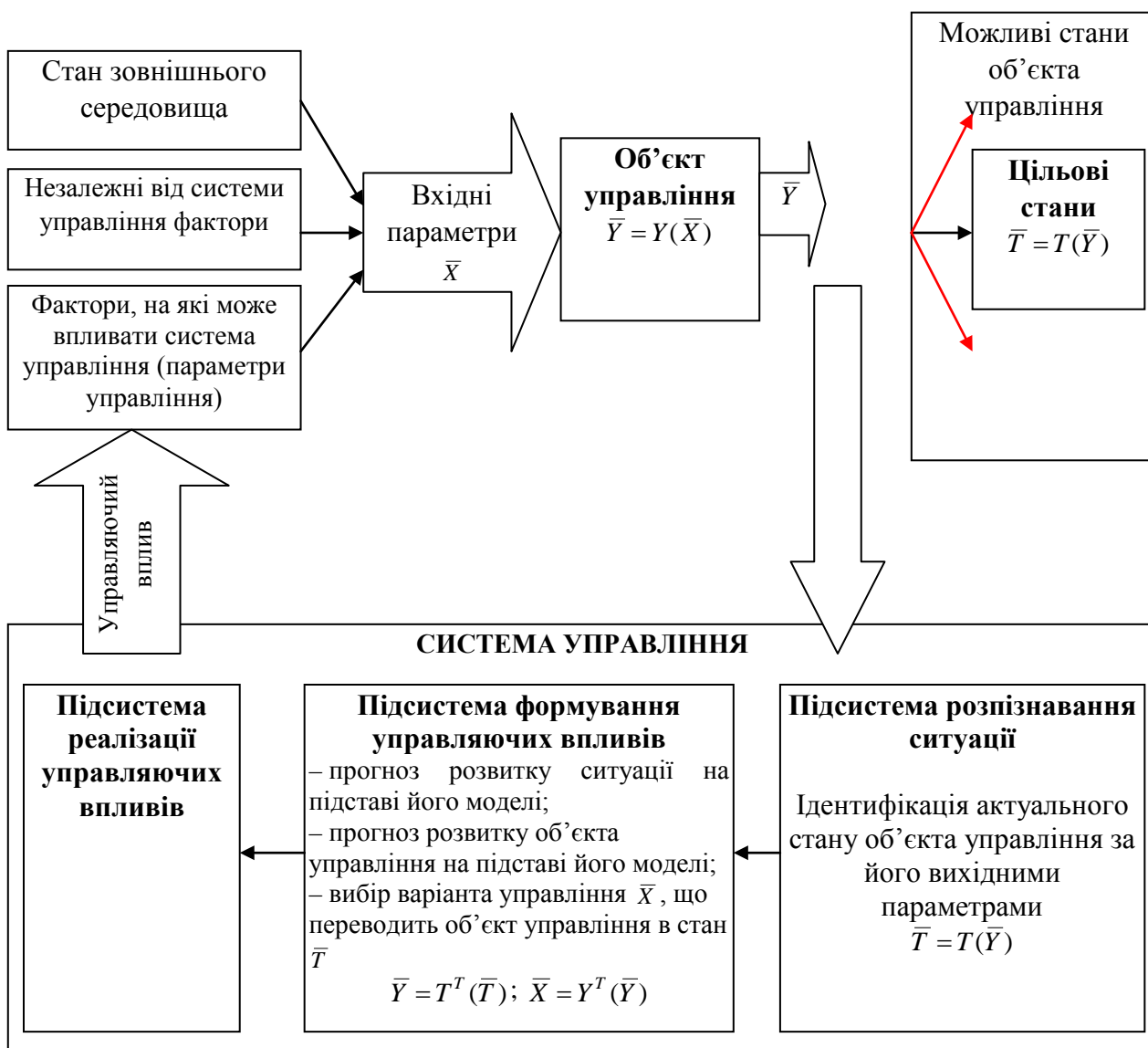


Рис. 5.3. Модель параметричної адаптації системи управління в ході ведення бойових дій

Вхідні параметри \bar{X} слід розділити на ряд груп:

- параметри, які характеризують поточний стан системи управління, об'єкта управління та середовища (противник розглядається як частина середовища);
- параметри об'єкта управління, якими управляє система управління;
- параметри середовища, якими система управління здатна управляти опосередковано через зміну станів об'єкта управління;
- параметри, якими неможливо управляти (які не залежать від системи управління).

Вихідні параметри \bar{Y} – це властивості об’єкта управління, що залежать від вхідних параметрів (у т. ч. параметрів, що характеризують середовище)

$$\bar{Y} = Y(\bar{X}). \quad (5.3)$$

При здійсненні управління система управління має отримувати певні значення вихідних параметрів об’єкта управління.

$$\bar{T} = T(\bar{Y}). \quad (5.4)$$

Підсистема розпізнавання ситуації має відповідно до вхідних даних об’єкта управління та середовища визначити оптимальний (раціональний) управляючий вплив (варіант управління), що описується рядом параметрів.

Для розпізнавання ситуації система управління повинна мати:

- базу даних (каталог) можливих сценаріїв;
- параметри об’єктів управління, що описують ситуацію;
- алгоритми розпізнавання ситуації.

При цьому класами розпізнавання є стан складного об’єкта управління, а ознаками – його вихідні параметри.

Підсистема формування управляючих впливів вирішує такі завдання:

- прогноз розвитку ситуації та зміни середовища в часі;
- прогноз зміни станів об’єкта управління та ефективність застосування варіанта управління в динаміці бойових дій;
- реалізація варіанта управління \bar{X} , який переводить об’єкт управління в цільовий стан \bar{T} .

При цьому послідовно вирішуються такі дві зворотних задачі розпізнавання:

- по-перше, відповідно до заданого цільового стану \bar{T} визначаються найбільш характерні для даного стану вихідні параметри об’єкта управління

$$\bar{Y} = T^T(\bar{T}); \quad (5.5)$$

- по-друге, за визначеним на попередньому кроці набору вихідних параметрів \bar{Y} визначаються вхідні параметри \bar{X} , які з найбільшою ефективністю переводять об’єкт управління в потрібний стан (відповідно до цих вихідних параметрів):

$$\bar{X} = Y^T (\bar{Y}). \quad (5.6)$$

Підсистема реалізації управляючих впливів здійснює обраний варіант управління на об'єкт управління.

Отже, загальна методика параметричної адаптації системи управління як складної організаційно-технічної системи наведена на рис. 5.4.

Методи розпізнавання ситуації, детально описані в роботі [6], в ході реалізації методики параметричної адаптації системи управління можуть бути використані для вирішення як задач у підсистемі ідентифікації стану об'єкта управління, так і в підсистемі формування управляючих впливів.

Однак застосовується метод у цих підсистемах по-різному.

У підсистемі ідентифікації метод розпізнавання ситуації застосовується для того, щоб визначити стан об'єкта управління для заданої ситуації, тобто дати йому узагальнюючу оцінку, що не зводиться до сукупності значень вихідних параметрів. Отже, в підсистемі ідентифікації основним є режим розпізнавання.

У підсистемі формування управляючих впливів за заданими цільовими станами визначаються:

– передумови, а саме фактори, які не залежать від управління, але необхідні для досягнення цього стану;

– управляючі впливи, які можуть перевести об'єкт управління (у даному вихідному стані, з даною передісторією в конкретних умовах середовища) в заданий цільовий стан.

Сутність параметричної адаптації полягає у такому (рис. 5.5) [8].

На підставі аналізу змін у поточної обстановки (оцінка обстановки при уточненні планів бойового застосування військ) здійснюється розпізнавання замислу дій противника.

Із сукупності можливих сценаріїв ведення бойових дій, що напрацьовуються на етапах завчасної та безпосередньої підготовки, вибирається найбільш близький за показниками до реального.

З відомої сукупності заздалегідь розроблених варіантів управління вибирається варіант, ефективність якого з урахуванням умов поточної обстановки задовольняє суб'єкта управління (особу, яка приймає рішення). Якщо такий варіант не існує, здійснюється перехід до наступного рівня адаптації – структурної, методика якої буде розглянута у наступному підрозділі.

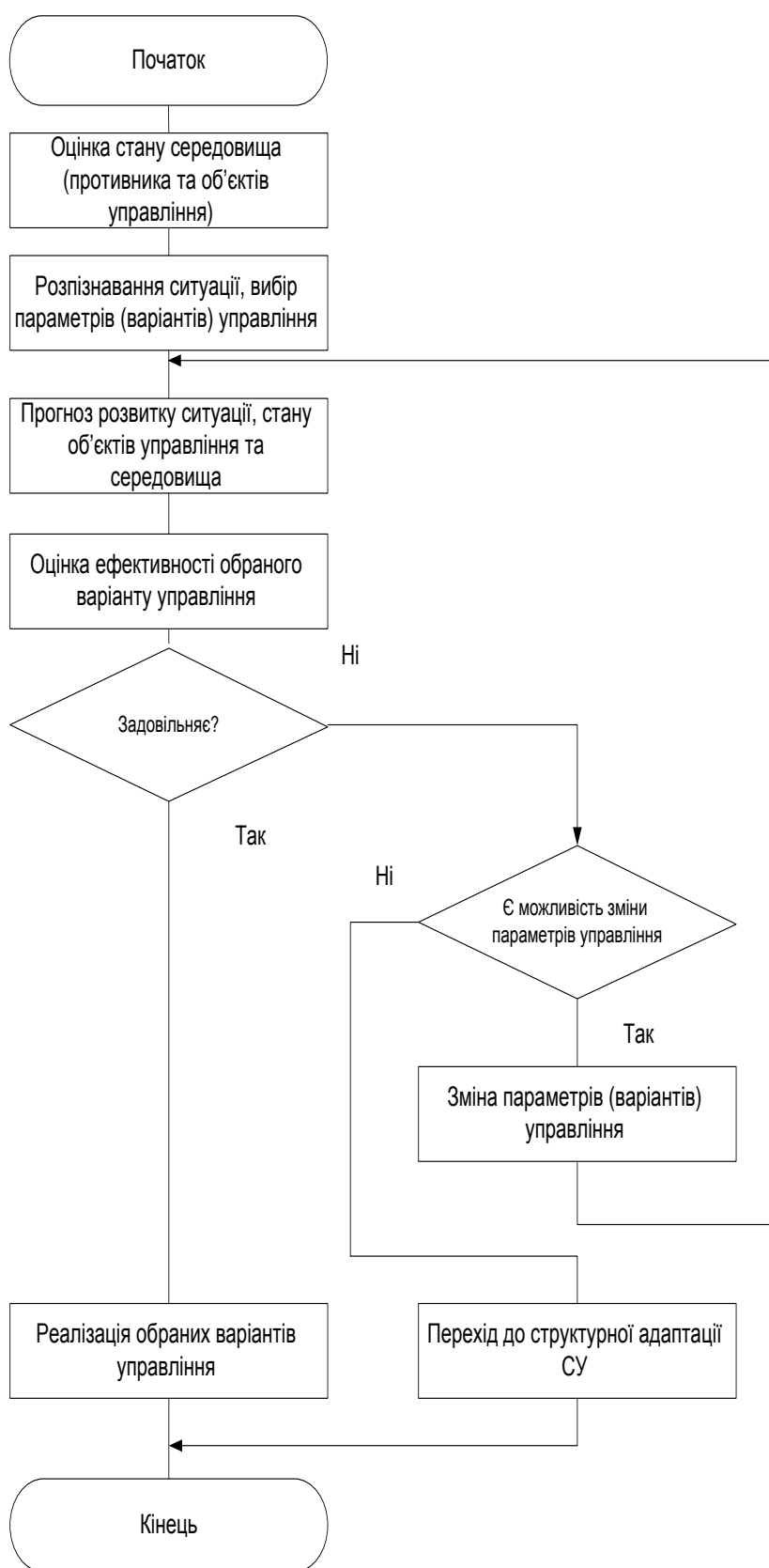


Рис. 5.4. Алгоритм методики параметричної адаптації системи управління

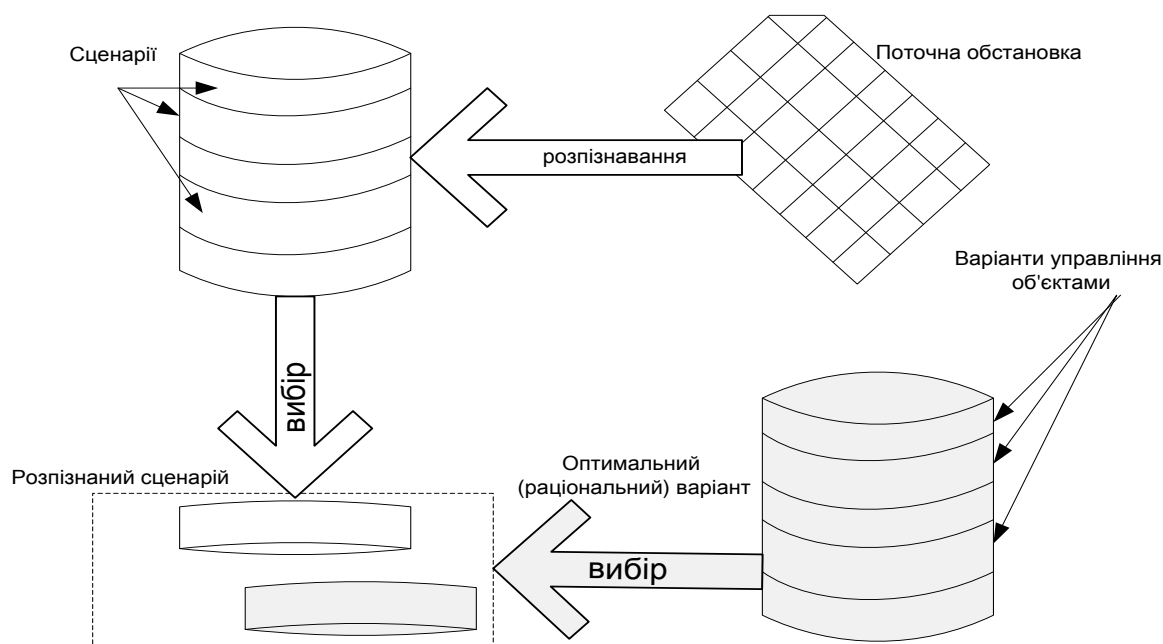


Рис. 5.5. Функціональна схема параметричної адаптації системи управління

Наприклад, завоювання переваги у повітрі в операційному районі (районі бойових дій) здійснюється шляхом виконання бойових завдань у двох напрямках: по-перше, протиповітряна оборона військ і об'єктів в операційному районі, по-друге, блокування та знищення ударної авіації на аеродромах базування (оперативних аеродромах).

Завдання за першим напрямком можуть виконуватися силами винищувальної авіації, зенітних ракетних військ і радіоелектронної боротьби, за другим напрямком – силами ударної авіації та винищувальної авіації. Залежно від поточних умов обстановки (дій противника, поточних можливостей щодо забезпечення дій своїх сил) розподіл зусиль при застосуванні винищувальної авіації між двома напрямками вирішення завдання може бути різним, тому й варіантів управління може бути декілька.

Послідовно розглянувши та оцінивши ефективність всіх варіантів можна вибрати найкращий, з точки зору обраного критерію ефективності, наприклад, мінімізації кількості засобів повітряного нападу, що вийшли на рубіж виконання завдання. Якщо задовільного варіанта управління не існує, то переходять до процедури наступного вищого рівня адаптації системи управління – структурної адаптації.

Отже, параметрична адаптивність системи управління забезпечується за рахунок накопичення інформації про результати попередніх циклів

управління в базі даних (за рахунок моделювання бойових дій Повітряних Сил на етапах підготовки до ведення бойових дій), дозволяє врахувати при прийнятті рішень щодо вибору управляючих впливів нові закономірності взаємозв'язку факторів з дією об'єкта управління [9].

При високій динамічності об'єкта управління раніше накопичені приклади застарівають і їх вплив на вибір управляючих впливів з протягом часу зменшується.

Крім того, адаптивні можливості системи управління можуть бути покращені за рахунок збереження параметрів ситуації та ефективних управляючих впливів для об'єктів управління. Тоді після формування управляючих впливів за допомогою збережених сценаріїв може бути здійснений прогноз результатів їх реалізації.

Для перетворення неструктурованої інформації про варіанти управління у формалізований вид необхідно виконати схожі процедури, що і в підсистемі розпізнавання. Крім того, додатково органами управління за результатами моделювання, до яких результатів на практиці призводять ті чи інші управляючі впливи на об'єкт управління, що знаходиться в певному актуальному стані і в даних умовах навколишнього середовища.

Параметрична адаптація, тобто вибір нової сукупності управляючих впливів (варіантів), не обов'язково виконується тільки при отриманні незадовільних показників ефективності управління (у даному випадку при незадовільних результатах прогнозування ефекту управління). Більш раціонально проводити параметричну адаптацію щоразу, коли стає доступною нова, необхідна для цього інформація.

5.3. Методика структурної адаптації системи управління Повітряних Сил на етапі безпосереднього планування та в ході ведення бойових дій

Зазначена методика входить до комплексного методу адаптації системи управління Повітряних Сил і застосовується як на етапі безпосередньої підготовки, так і в ході ведення бойових дій у разі відсутності можливості застосовувати параметричну адаптацію для досягнення цілей організації.

Можна виділити два види структурної адаптації системи управління:

а) внутрішня, що обумовлена зміною структури органу управління (об'єднання декількох підрозділів до єдиного, перерозподіл особового складу

між підрозділами органів управління, створення нових підрозділів у складі органів управління за рахунок інших);

б) зовнішня, що обумовлена передачею управління частиною (всіма) силами та засобами до інших органів управління (передача управління з'єднаннями, частинами, підрозділами до оперативного командування, передача управління на запасний командний пункт, передовий командний пункт, допоміжний пункт управління).

Умови застосування методики полягають у наявності часу на зміну параметрів структури системи управління як складної організаційно-технічної системи.

$$t_{\text{наявн}} \geq t_{\text{зм}} \quad (5.7)$$

Внутрішня структурна адаптація системи управління проводиться:

а) при неспроможності підрозділу органу управління своєчасно та якісно виконувати покладені на нього функції та завдання;

б) з появою нових завдань, для рішення яких відсутній відповідний підрозділ органів управління;

в) зміна структури об'єкта управління (передача в оперативне підпорядкування частини сил і засобів).

Зовнішня структурна адаптація системи управління проводиться:

а) при неспроможності органу управління своєчасно та якісно виконувати покладені на нього функції та завдання;

б) при втраті управління підпорядкованими силами та засобами з визначеного пункту управління;

в) при зміні форми ведення операції (бойових дій).

Схема алгоритму внутрішньої структурної адаптації наведена на рис. 5.6.

У разі виявлення в результаті оцінки обстановки ситуації, яка обумовлює необхідність проведення заходів щодо зміни структури системи управління (блок 1) проводиться аналіз та визначення відповідної причини, яка призвела до необхідності такої зміни (блоки 2, 8, 14).

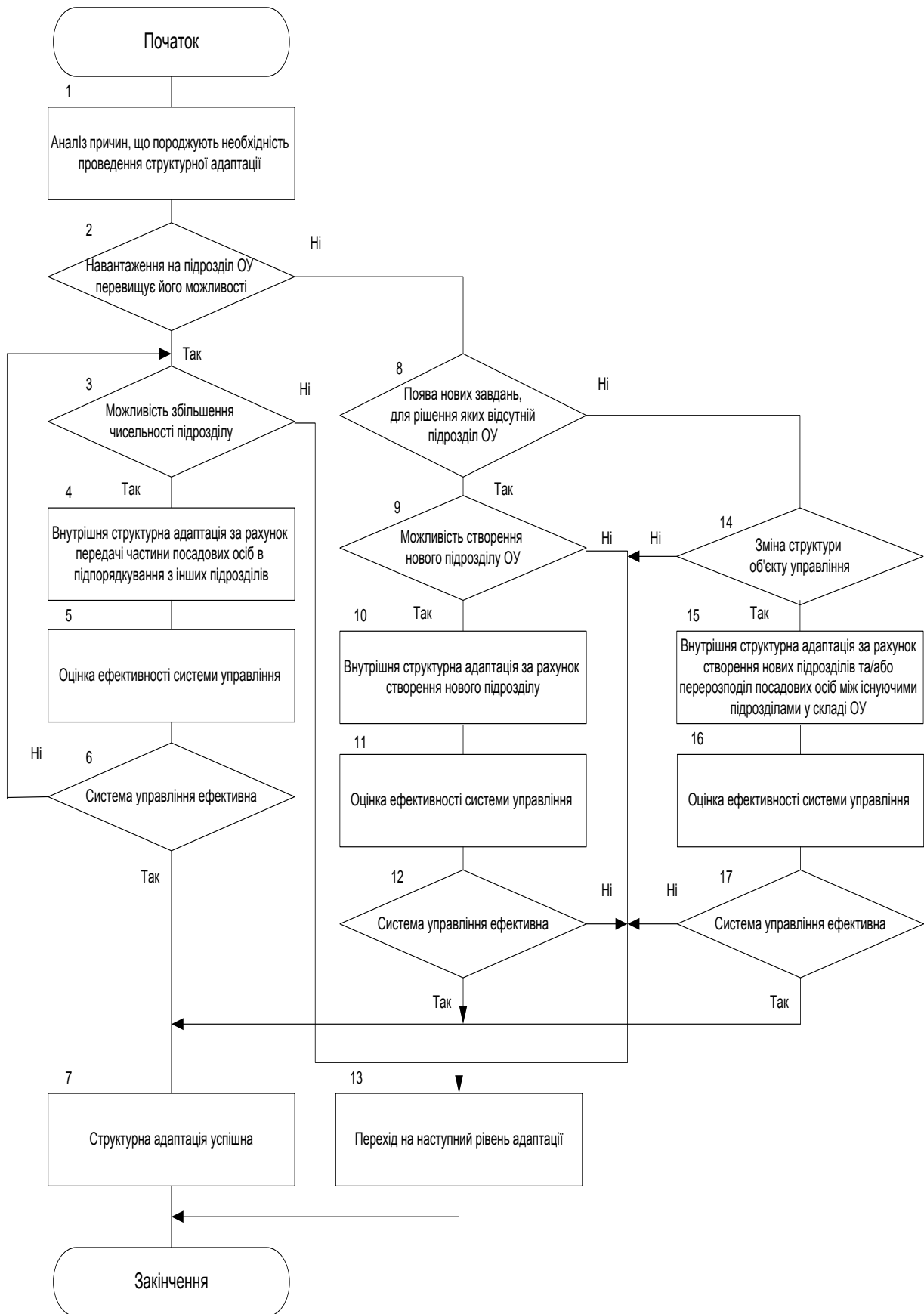


Рисунок 5.6. Схема алгоритму внутрішньої структурної адаптації

У випадку, перевищення навантаження на конкретний підрозділ органів управління (блок 2) проводиться оцінювання можливості щодо підвищення якості його функціонування шляхом збільшення чисельності особового складу цього підрозділу (блок 3) та виконуються заходи передачі в оперативне підпорядкування посадових осіб з інших підрозділів (блок 4), завантаженість яких на цьому етапі не дуже висока.

Після оцінювання ефективності системи управління у змінній структурі (блоки 5, 6) у разі позитивного результату затверджується варіант структури (блок 7), при негативному результаті знову розглядається можливість підвищення якості функціонування підрозділу шляхом збільшення чисельності особового складу (блок 3). Якщо можливості збільшення чисельності особового складу підрозділу не має, робиться висновок про необхідність проведення інших процедур адаптації структури системи управління Повітряних Сил (блок 13), у даному випадку проведення процедури зовнішньої структурної адаптації.

У випадку появи нових завдань (блок 8), які не були ураховані під час створення органу управління, оцінюється можливість створення нового підрозділу (блок 9). У разі позитивного результату здійснюється прогностичне формування такого підрозділу та оцінюється ефективність управління органів управління в змінній структурі (блоки 10, 11). При задовільному результаті оцінювання ефективності управління затверджується варіант структури (блок 7), в іншому випадку (блок 13) робиться висновок про необхідність проведення інших процедур адаптації структури системи управління (процедури зовнішньої структурної адаптації).

Якщо в ході оцінки обстановки виявлено ситуацію, коли зміни в структурі та/або чисельності об'єкта управління (угруповання підпорядкованих військ) призвели до неможливості їх ефективного управління органів управління в існуючій структурі (блок 14), здійснюється внутрішня структурна адаптація як за рахунок створення нових підрозділів у складі органів управління, так і перерозподілу (зміни в чисельності) посадових осіб між існуючими підрозділами (блок 15).

Після оцінювання ефективності управління в новій структурі (блоки 16, 17) у разі позитивного результату затверджується варіант структури (блок 7), в іншому випадку (блок 13) робиться висновок про необхідність проведення інших процедур адаптації структури системи управління Повітряних Сил (процедури зовнішньої структурної адаптації).

Якщо заходи внутрішньої адаптації органів управління виявилися неефективними пропонується перейти до процедури зовнішньої адаптації, схема алгоритму якої наведена на рис. 5.7.

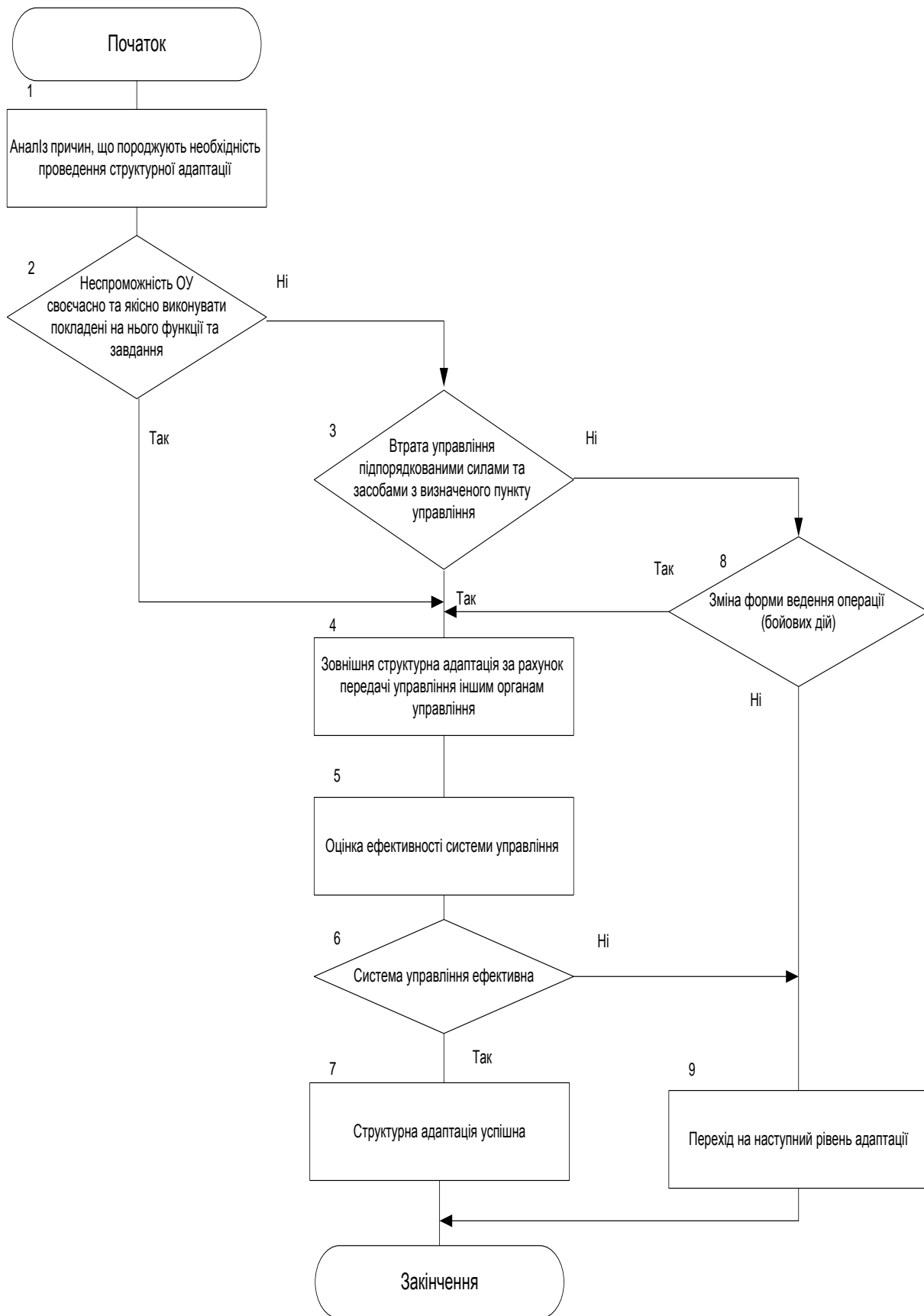


Рис. 5.7. Схема алгоритму зовнішньої структурної адаптації

Її сутність полягає у можливості створення нових та/або розформування існуючих органів управління на ієрархічних рівнях управління (стратегічний, оперативний) відповідно до змін обстановки на етапах безпосередньої підготовки та ведення бойових дій.

Після аналізу причин та встановлення конкретної причини (блоки 1, 2, 3, 8), які призвели до необхідності проведення зовнішньої адаптації, проводяться відповідні заходи (блок 4) щодо створення нових органів управління з частковою або повною передачею їм повноважень та функцій управління від існуючих органів управління на одному ієрархічному рівні.

У деяких випадках за досвідом заходів оперативної підготовки відповідна передача помножень може бути здійснена і між органами управління, які знаходяться на різних ієрархічних рівнях.

Після оцінювання ефективності управління в новій структурі системи управління (блоки 5, 6) у разі позитивного результату затверджується варіант структури (блок 7), в іншому випадку (блок 7) робиться висновок про необхідність проведення процедури адаптації цілей системи управління Повітряних Сил на етапі безпосереднього планування та в ході ведення бойових дій, розглянутих у наступному пункті.

5.4. Методика адаптації цілей системи управління Повітряних Сил на етапі безпосереднього планування та в ході ведення бойових дій

Метод адаптації цілей управління (зміна дерева цілей) є найбільш складним і ресурсоемним зі складу методів адаптації складних організаційно-технічних систем, оскільки він пов'язаний з пошуком раціональної системи цілей нижнього рівня для досягнення мети функціонування системи.

При плануванні ведення бойових дій органи управління, як елемент системи управління формує дерево цілей, яке узгоджується за рівнями управління.

Процес цілеутворення на різних рівнях управління системи управління Повітряних Сил об'єктивно характеризується різним ступенем можливого вибору альтернатив. З пониженням рівня управління можливість адекватного формування нових цілей знижується [6].

На тактичному рівні (рівні об'єкта управління) цілі деталізуються за масштабами і набувають більш конкретизованого вигляду. Всі стратегії (як для своїх військ, так і для противника) на тактичному рівні є складовими загальної стратегії замислу дій на оперативному рівні управління. Визначе-

ний набір стратегій тактичного і оперативного рівня складають відповідний варіант стратегії замислу дій у планах на стратегічному рівні управління. Отже, дерево цілей як для повітряного противника, так і для Повітряних Сил має вигляд, наведений на рис. 5.8.

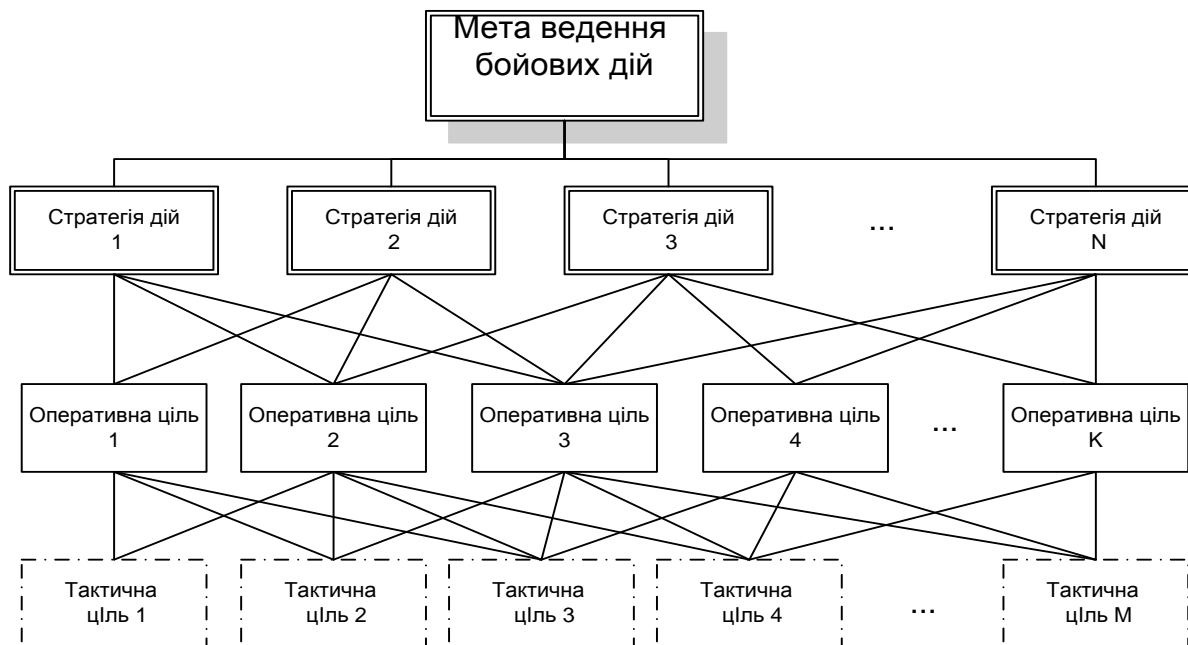


Рис. 5.8. Формалізація цілей управління (дерево цілей)

Мета ведення бойових дій визначається набором стратегій, які можуть бути застосовані повітряним противником (Повітряними силами) $S = \{S_1, \dots, S_N\}$.

Кожна стратегія описується показниками її досягнення

$$\bar{Z}_1 = \{z_1^1, z_2^1, \dots, z_j^1\}, \dots, \bar{Z}_n = \{z_1^n, z_2^n, \dots, z_j^n\},$$

де J – кількість показників, що описують стратегію.

Кожна стратегія дій пов'язана з оперативною ціллю, досягнення якої призводить до зміни відповідного показника (показників) у стратегії дій.

Відповідно до вищевикладеного, оперативна ціль також описується показниками її досягнення:

$$O = \{O_1, \dots, O_K\} \quad \bar{Y}_1 = \{y_1^1, y_2^1, \dots, y_V^1\}, \dots, \bar{Y}_K = \{y_1^k, y_2^k, \dots, y_V^k\},$$

де V – кількість показників, які описують оперативну ціль k .

На нижньому рівні цілеположення для системи управління Повітряних Сил знаходиться система тактичних цілей: $T = \{T_1, \dots, T_M\}$, що описується показниками її досягнення:

$$\bar{X}_1 = \{x_1^1, x_2^1, \dots, x_G^1\}, \dots, \bar{X}_g = \{x_1^m, x_2^m, \dots, x_G^m\},$$

де G – кількість показників, які описують m -ту тактичну ціль.

Дана формалізація дозволяє сформулювати критерій досягнення мети ведення бойових дій як реалізацію обраної в результаті прийняття рішення стратегії.

Стратегія S_n вважається реалізованою, якщо значення показників \bar{Z}_n , що описують стратегію, задовольняють критеріям досягнення, наприклад $\bar{Z}_n \leq \bar{Z}_n^{\text{потр}}$. За значення кожного показника відповідає одна або декілька оперативних цілей, досягнення яких призводить до встановлення потрібних їх значень. Аналогічно оперативна мета O_k вважається досягнутою, якщо значення показників \bar{Y}_k , які її описують, задовольняють критерії досягнення, наприклад $\bar{Y}_k \leq \bar{Y}_k^{\text{потр}}$. За значення кожного показника відповідає одна або декілька тактичних цілей, досягнення яких призводить до встановлення потрібних значень.

З урахуванням того, що одна й та сама оперативна ціль може бути досягнута різними способами (через різний набір тактичних цілей), а одна й та сама стратегія може бути досягнута різними способами (через різний набір оперативних цілей) виникає багатоваріантність реалізації стратегії дій, як показано в табл. 5.1 (приклад).

Визначимо Q – кількість можливих варіантів реалізації стратегії S_n . Тоді вибір найкращого з варіантів для реалізації цієї стратегії можна здійснити за таким правилом

$$S_n = \{S_{nq} / \text{opt}\{\bar{Z}_{nq}\}\}, \quad q = 1 \dots Q. \quad (5.7)$$

Таблиця 5.1

Можливі варіанти реалізації стратегії (приклад)

Стратегія дій	Оперативні цілі, досягнення яких, веде до реалізації стратегії	Набір тактичних цілей, досягнення яких веде до досягнення відповідної оперативної цілі				
Стратегія дій 1	O1	T1	T3	T5	T7	T10
		T2	T3	T6	T8	-
		T5	T6	T8	T9	T10
	O2	T3	T5	T6	T9	T10
		T2	T3	T4	-	-
		T4	T8	T9	T10	-
	O3	T1	T3	T6	T7	T9
		T2	T3	T6	T9	-
	O5	T3	T4	T7	T8	T10
		T1	T2	T5	T6	T9
Стратегія дій 1	O2	T3	T5	T6	T9	T10
		T2	T3	T4	-	-
		T4	T8	T9	T10	-
	O3	T1	T3	T6	T7	T9
		T2	T3	T6	T9	-
	O4	T2	T4	T7	T10	-
		T3	T5	T6	T9	T10
Стратегія дій 1	O1	T1	T3	T5	T7	T10
		T2	T3	T6	T8	-
		T5	T6	T8	T9	T10
	O4	T2	T4	T7	T10	-
		T3	T5	T6	T9	T10
	O5	T3	T4	T7	T8	T10
T1		T2	T5	T6	T9	

Кожну q -ту реалізацію цієї стратегії можна подати множиною обраних за встановленим критерієм оперативних цілей

$$S_{nq} = \{O_k, k = 1...K / \bar{Y}_k \leq \bar{Y}_{kq}^{\text{потр}}\}, q = 1...Q. \quad (5.8)$$

Тоді вибір найкращого з варіантів для реалізації k -ї оперативної цілі можна здійснити так

$$O_k = \{O_{kl}, l = 1 \dots L / \text{opt}\{\bar{Y}_{kl}\}\}, k = 1 \dots K, \quad (5.9)$$

де L – кількість можливих варіантів реалізацій k -ї оперативної цілі.

Кожний l -й варіант реалізації k -ї оперативної цілі формується із загальної множини тактичних цілей шляхом пошуку такої сукупності тактичних цілей, яка б відповідала прийнятому критерію

$$O_{kl} = \{T_m, m = 1 \dots M / \bar{X}_m \leq \bar{X}_{ml}^{nomp}\}, l = 1 \dots L. \quad (5.10)$$

Якщо в результаті зміни обстановки (зміни середовища, або впливу противника) тактична ціль TF ($m = F$) не може бути досягнута, вона виключається з загальної множини тактичних цілей $T := T \setminus TF$.

У свою чергу з розгляду виключаються всі варіанти досягнення оперативних цілей, для яких необхідна реалізація виключеної тактичної цілі. При цьому кількість L можливих реалізацій оперативних цілей зменшиться, а формування множин варіантів реалізації для кожної оперативної цілі здійснюватиметься на скоректованій множині тактичних цілей

$$O_{kl} = \{T_m, m = 1 \dots F - 1, F + 1 \dots M / \bar{X}_m \leq \bar{X}_{ml}^{nomp}\}, l = 1 \dots L. \quad (5.11)$$

Після чого повторяються дані процедури та обирається нова стратегія дій для досягнення мети ведення бойових дій.

У кінцевому результаті визначається набір тактичних цілей управління, реалізація яких призведе до досягнення обраного варіанта стратегічної дії

$$S_n = \{T_m, m = 1 \dots M / T_m \in \bigcup_{k=1}^K O_{kn}\}, n = 1 \dots N. \quad (5.12)$$

Отже, проводиться адаптація цілей управління тактичного рівня. Але може виникнути ситуація, коли при зміні обстановки та неможливості досягнення однієї (декількох) тактичних цілей втратиться можливість досягнення однієї (декількох) оперативних цілей, а також можливість

здійснення одного або декількох варіантів стратегій дій для досягнення мети ведення бойових дій.

У цьому випадку уточнюється множина $O = \{O_1, \dots, O_K\}$ шляхом виключення недосяжних оперативних цілей (K зменшується на кількість таких цілей) та множина $S = \{S_1, \dots, S_N\}$ шляхом виключення неможливих стратегій дій (N зменшується на кількість таких дій).

Після цього здійснюється адаптація цілей управління з урахуванням уточнених множин стратегій дій, оперативних і тактичних цілей відповідно розробленого методу адаптації цілей управління.

Алгоритм методу адаптації цілей управління наведений на рис. 5.9.

Розглянемо роботу алгоритму на прикладі, який запропонований в табл. 5.1. Для спрощення прикладу вважаємо, що для досягнення мети бойових дій існує одна стратегія дій, тобто $N = 1$.

У прикладі обрано можливих десять тактичних цілей ($M = 10$) та п'ять оперативних ($K = 5$). У свою чергу вважається, що кількість варіантів реалізації першої (єдиної) стратегії дій дорівнює трьом ($Q = 3$).

Як видно з табл. 5.1 кількість варіантів досягнення кожної з п'яти оперативних цілей L дорівнює три або два ($L_1 = L_2 = 3, L_3 = L_4 = L_5 = 2$).

У результаті аналізу даного взаємозв'язку цілей органів управління в ході планування обирає варіант реалізації стратегії, як, наприклад, показано в табл. 5.2.

Отже, для реалізації стратегії дій мають бути досягнуті наступна множина тактичних цілей $\{T_2, T_3, T_4, T_6, T_7, T_9, T_{10}\}$. При цьому досягаються оперативні цілі $\{O_2, O_3, O_4\}$. Орган управління приймає відповідні рішення для досягнення даних цілей.

В ході відбування специфічних змін обстановки, які обумовлені діями противника і (або) змінами навколишнього середовища може бути втрачена можливість досягнення тактичних цілей. Адаптація цілей управління починається з тактичної цілі, досягнення якої не може бути забезпечене управлінськими впливами. Знаходять інший набір тактичних цілей, що можуть призвести до досягнення оперативної цілі.

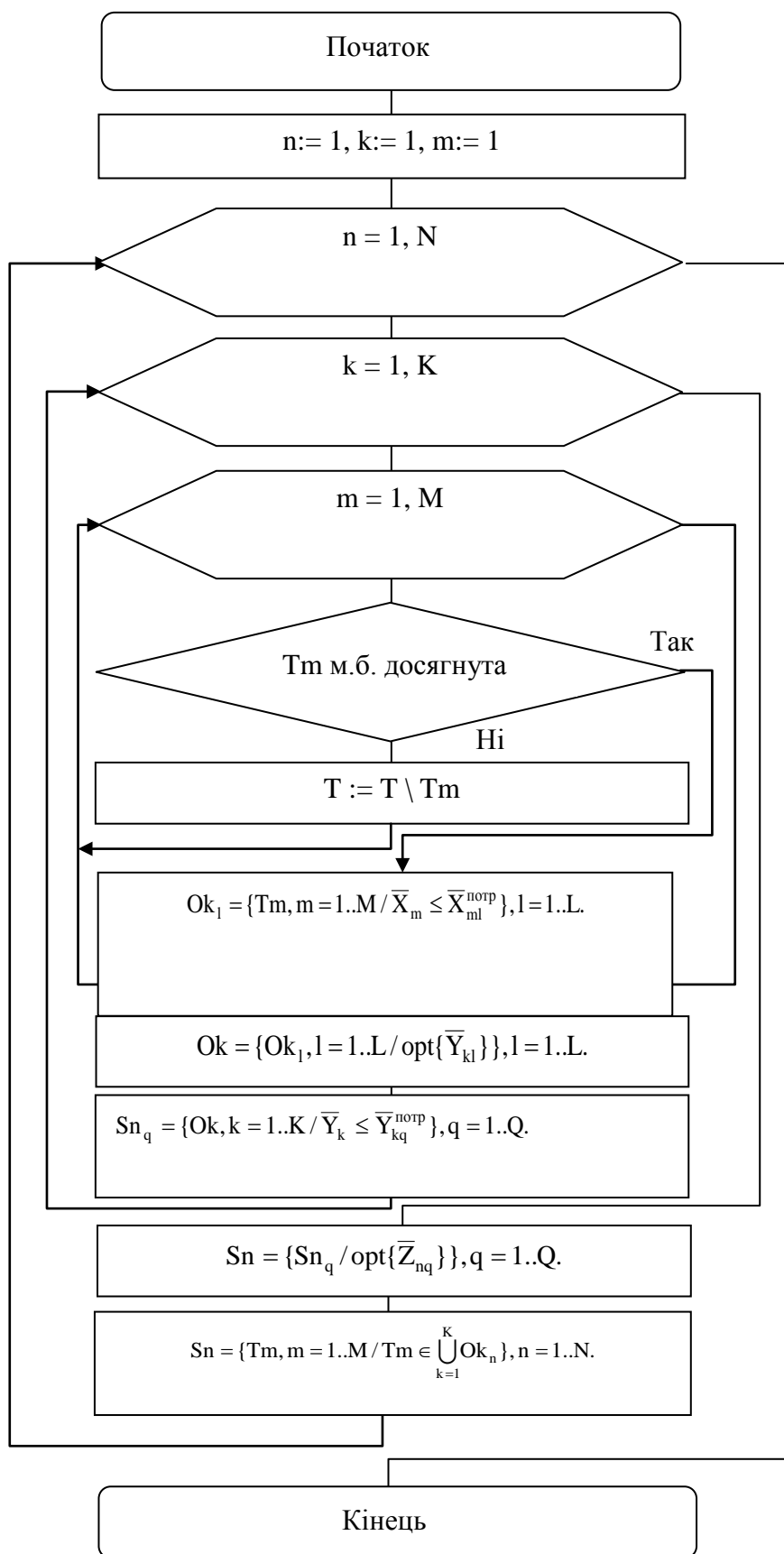


Рис. 5.9. Алгоритм методу адаптації цілей управління

Таблиця 5.2

Обраний варіант досягнення реалізації (приклад)

Стратегія дій	Оперативні цілі, досягнення яких, веде до реалізації стратегії	Набір тактичних цілей, досягнення яких веде до досягнення відповідної оперативної цілі				
Стратегія дій 1	O1	T1	T3	T5	T7	T10
		T2	T3	T6	T8	-
		T5	T6	T8	T9	T10
	O2	T3	T5	T6	T9	T10
		T2	T3	T4	-	-
		T4	T8	T9	T10	-
	O3	T1	T3	T6	T7	T9
		T2	T3	T6	T9	-
	O5	T3	T4	T7	T8	T10
		T1	T2	T5	T6	T9
Стратегія дій 1	O2	T3	T5	T6	T9	T10
		T2	T3	T4	-	-
		T4	T8	T9	T10	-
	O3	T1	T3	T6	T7	T9
		T2	T3	T6	T9	-
	O4	T2	T4	T7	T10	-
		T3	T5	T6	T9	T10
Стратегія дій 1	O1	T1	T3	T5	T7	T10
		T2	T3	T6	T8	-
		T5	T6	T8	T9	T10
	O4	T2	T4	T7	T10	-
		T3	T5	T6	T9	T10
	O5	T3	T4	T7	T8	T10
		T1	T2	T5	T6	T9

Наприклад, визначено, що тактична ціль T7 (табл. 5.3) не може бути досягнута в результаті ведення бойових дій (виключається із загальної множини T), це призводить до недосягнення оперативної цілі O4 за обраним варіантом, що складається з тактичних цілей {T2, T4, T7, T10}.

Включення до іншого варіанта досягнення оперативної мети O4 {T3, T5, T6, T9, T10} призводить до потреби прийняття рішення відносно досягнення тактичної мети T5.

Таблиця 5.3

Адаптація цілей управління на тактичному рівні (приклад)

Стратегія дій	Оперативні цілі, досягнення яких, веде до реалізації стратегії	Набір тактичних цілей, досягнення яких веде до досягнення відповідної оперативної цілі				
Стратегія дій 1	O1	T1	T3	T5	T7	T10
		T2	T3	T6	T8	-
		T5	T6	T8	T9	T10
	O2	T3	T5	T6	T9	T10
		T2	T3	T4	-	-
		T4	T8	T9	T10	-
	O3	T1	T3	T6	T7	T9
		T2	T3	T6	T9	-
	O5	T3	T4	T7	T8	T10
		T1	T2	T5	T6	T9
Стратегія дій 1	O2	T3	T5	T6	T9	T10
		T2	T3	T4	-	-
		T4	T8	T9	T10	-
	O3	T1	T3	T6	T7	T9
		T2	T3	T6	T9	-
	O4	T2	T4	T7	T10	-
		T3	T5	T6	T9	T10
Стратегія дій 1	O1	T1	T3	T5	T7	T10
		T2	T3	T6	T8	-
		T5	T6	T8	T9	T10
	O4	T2	T4	T7	T10	-
		T3	T5	T6	T9	T10
	O5	T3	T4	T7	T8	T10
T1		T2	T5	T6	T9	

Для реалізації стратегії дій має бути досягнута уточнена множина тактичних цілей {T2, T3, T4, T5, T6, T9, T10}. Множина оперативних цілей {O2, O3, O4} (варіант стратегічних дій) при цьому не змінюється.

Розглянемо випадок, коли разом з тактичною ціллю T7 не може бути досягнута і T10 (табл. 5.4), це призводить до недосягнення оперативної цілі O4 за будь-яким варіантом тактичних дій.

Таблиця 5.4

Адаптація цілей управління на оперативному рівні (приклад)

Стратегія дій	Оперативні цілі, досягнення яких, веде до реалізації стратегії	Набір тактичних цілей, досягнення яких веде до досягнення відповідної оперативної цілі				
Стратегія дій 1	O1	T1	T3	T5	T7	T10
		T2	T3	T6	T8	-
		T5	T6	T8	T9	T10
	O2	T3	T5	T6	T9	T10
		T2	T3	T4	-	-
		T4	T8	T9	T10	-
	O3	T1	T3	T6	T7	T9
		T2	T3	T6	T9	-
	O5	T3	T4	T7	T8	T10
		T1	T2	T5	T6	T9
Стратегія дій 1	O2	T3	T5	T6	T9	T10
		T2	T3	T4	-	-
		T4	T8	T9	T10	-
	O3	T1	T3	T6	T7	T9
		T2	T3	T6	T9	-
	O4	T2	T4	T7	T10	-
		T3	T5	T6	T9	T10
Стратегія дій 1	O1	T1	T3	T5	T7	T10
		T2	T3	T6	T8	-
		T5	T6	T8	T9	T10
	O4	T2	T4	T7	T10	-
		T3	T5	T6	T9	T10
	O5	T3	T4	T7	T8	T10
T1		T2	T5	T6	T9	

При цьому можливість здійснення стратегічних дій для досягнення головної мети бойових дій зберігається тільки за першим варіантом (змінюється множина оперативних цілей), при якому досягається наступна множина оперативних цілей {O1, O2, O3, O5}. Тоді для реалізації стратегії дій має бути досягнута уточнена множина тактичних цілей {T1, T2, T3, T4, T5, T6, T8, T9}, що призводить до потреби прийняття рішення відносно досягнення тактичної мети T1 та T8.

Якщо адаптація цілі для тактичного рівня цілей неможлива, виконується адаптація цілей для оперативного рівня цілей, тобто вважається, що досягти оперативну ціль О4 неможливо і реалізація стратегії виконується через множину оперативних цілей $\{O1, O2, O3, O5\}$. Для кожної з даних оперативних цілей знаходять раціональну множину тактичних цілей, яка має максимально співпадати з реалізуючою множиною тактичних цілей та не містити цілі, які ми не можемо досягти.

Отже, адаптація цілей управління (дерева цілей) виникає у разі, коли орган управління в ході ведення бойових дій розуміє, що тактична ціль не може бути досягнута об'єктом управління і виникає загроза недосягнення оперативної цілі та реалізації стратегії дій.

Згідно з алгоритмом адаптації складної системи адаптація цілей управління виникає лише у разі неспроможності інших видів адаптації до досягнення складною системою (системою управління) мети функціонування.

Висновки за розділом 5

1. Адаптація стає вирішальним фактором докорінної зміни напрямку розвитку сучасних теоретичних основ синтезу та аналізу структури системи управління Повітряних Сил та дуже полегшує процес вирішення завдань, що висуваються сучасною теорією та практикою збройної боротьби.

2. Розроблений комплексний метод адаптації структури системи управління Повітряних Сил з урахуванням сучасних умов ведення збройної боротьби дозволяє пристосувати систему управління до зміни обстановки на етапах безпосередньої підготовки та ведення бойових дій повітряними силами шляхом проведення багаторівневої процедури адаптації, а саме: уточнення параметрів управління в ході уточнення планів бойових дій; зміни структури системи управління; зміни взаємопов'язаних проміжних цілей для досягнення мети бойових дій.

Список літератури до розділу 5

1. Алексеев А., Владимирский В. Единая система управления объединенными ВВС и ПВО НАТО в Европе. Зарубежное военное обозрение. 2000. №10, Электронный ресурс: <http://commi.narod.ru/txt/2000/1005.htm>.

2. Дмитриев А.К., Мальцев П.А. Основы теории построения и контроля сложных систем. Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отд., 1988. – 192 с.

3. Демідов Б.О., Величко О.Ф., Волощук І.В. *Науково-навчальне видання. Системно-концептуальні основи діяльності у військово-технічній сфері. Книга 1. Концептуальні основи та елементи національної безпеки.* – К.: 2004. – 736 с.

4. Растрюгин Л.А. *Адаптация сложных систем.* Рига: Зинатне, 1981. – 375 с.

5. Дымков В.И. *О синтезе иерархических структур управления. Автоматизированные системы управления. Труды Ин-та электрон. управляющих машин.* 1975. – № 37. – С. 60–66.

6. Ткаченко В.І., Дробаха Г.А., Смірнов Є.Б., Тристан А.В. *Теорія прийняття рішень органами військового управління: монографія.* Харків: ХУПС, 2008. – 545 с.

7. Малюга В. Г. *Комплексна методика адаптації системи управління Повітряних Сил в сучасних умовах ведення збройної боротьби. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України.* – 2017. № 2(27). – С. 31-35.

8. Малюга В. Г., Тристан А. В., Нестеров О. М. *Методика параметричної адаптації системи управління в ході ведення бойових дій. Системи озброєння і військова техніка.* – 2017. № 1(49). – С. 50-54.

9. T. Filimonchuk, M. Volk, I. Ruban, V. Tkachov. *Development of information technology of tasks distribution for grid-systems using the grass simulation environment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2016. – v. 3, n. 9(81), p. 45-53, jun. 2016. ISSN 1729-4061.

Наукове видання

СМІРНОВ Євген Борисович
ТКАЧЕНКО Віктор Іванович
РУБАН Ігор Вікторович
МАЛЮГА Володимир Геннадійович
ТРИСТАН Андрій Вікторович

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ
ФОРМУВАННЯ ТА ДЕГРАДАЦІЇ СКЛАДНИХ
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

Монографія

Видавець: ФОП Панов А.М.
Свідоцтво серії ДК № 4847 від 06.02.2015 р.
м. Харків, вул. Жон Мироносиць, 10, оф. 6,
тел. +38(057)714-06-74, +38(050)976-32-87
copy@vlavke.com

Підп. до друку 25.06.18. Формат 60x84 1/16. Умов. друк. арк. 9,3.
Тираж 300 прим. Ціна договірна.

Віддруковано в типографії ФОП Андрєєв К.В.
61166, Харків, вул. Серпова, 4
Свідоцтво про державну реєстрацію
№24800170000045020 від 30.05.2003 р.
ep.zakaz@gmail.com
тел. 063-993-62-73