

Інформаційні технології та системи управління

УДК 004.8

DOI: 10.30748/soi.2019.156.09

Д.А. Гриб, Б.О. Демідов, Ю.Ф. Кучеренко, А.М. Ткачов, Є.В. Шубін

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПРИНЦИПИ, МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНИХ БАГАТОСТРУКТУРНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ І УПРАВЛІННЯ ЇХ СТРУКТУРНОЮ ДИНАМІКОЮ

У статті розглядається системно-концептуальні положення о моделюванні процесів функціонування складних багатоструктурних систем військового призначення і управління їх структурною динамікою в умовах змінювання оперативно-тактичної обстановки в районі ведення бойових дій. Управління структурною динамікою представляється як процес формування і реалізації управлінських впливів на систему (організаційну, організаційно-технічну, технічну), які забезпечують її переведення з поточного (вихідного) у заданий (потрібний) багатоструктурний макростан з дотриманням принципу залежності структури системи від її функцій. Моделювання віднесено до основних засобів досліджень вказаних систем, яке забезпечує їх повноту і оперативність. При формуванні управління структурною динамікою складних багатоструктурних систем військового призначення рекомендується використовувати (у залежності від поточної або прогнозованої ситуації в районі ведення бойових дій) такі моделі процесів управління, які дозволяють з різними деталізацією і формою враховувати (при необхідності) різноманітні фактори збурення, які впливають на систему (цілеспрямовано або нецілеспрямовано), обираючи різні підходи до врахування у моделях керуваних факторів впливу адекватно умовам, що склалися, а також враховувати можливий прояв фактору ризику. Стверджується, що моделі, здатні до швидкої структурно-функціональної адаптації до змін функціональних задач системи і оперативно-тактичної обстановки, будуть більш адекватними до ситуацій при веденні бойових дій і будуть забезпечувати підтримку більш ефективного управління структурною динамікою і процесами функціонування складних багатоструктурних систем військового призначення в обстановці, що динамічно змінюється у зоні відповідальності. З огляду на те, що експериментальна обробка і перевірка моделей процесів функціонування складних багатоструктурних систем військового призначення і управління їх структурною динамікою по реальним даним має суттєві обмеження з неможливості отримання достатнього обсягу дослідних даних, пропонується комплексувати (інтегрувати) різні види моделей у рамках полімодельних комплексів і спільно використовувати традиційні і інтелектуальні технології моделювання, у тому числі і технології гомеостатичного моделювання.

Ключові слова: структурна динаміка, системна модель, полімодельний комплекс, інформаційні технології моделювання, гомеостатична концепція моделювання, структурно-функціональна адаптація.

Вступ

Постановка проблеми. Відомо, що модель – це система, яка служить засобом отримання інформації про іншу систему (систему-оригінал), при умові припустимого значення її близькості до оригіналу. Будь яка коректно створена модель має містити (дозволяти отримувати) прийнятну об'єктивну і точну інформацію про систему-оригінал стосовно задач, що вирішуються, з урахуванням конкретних умов [1–3].

У зв'язку з цим постає проблемне питання – як створити модель, яка б дозволяла отримувати з її використанням (а при необхідності із залученням інших засобів) прийнятні для вирішення задачі дані про систему-оригінал і про процес її функціонування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Слід відмітити, що однією з основних особливостей сучасних систем-оригіналів (реальних або абстрактних), для дослідження яких створюються моделі (у тому числі військового призначення), є їх висока складність, яка проявляється у наступних складових: структурі, функціонуванні, виборі поведінки, управлінні, вдосконаленні (виборі напрямків розвитку, що реалізуються) та інших [4]. Тому для представлення моделі таких систем створюють декілька моделей і здійснюють полімодельний опис об'єктив-оригіналів (використовують системне моделювання).

Крім того, сам процес створення і використання за призначенням системних моделей з полімодельних компонентів потребує застосування високо-

продуктивних обчислювальних засобів та програмного забезпечення (баз даних і баз знань).

При оцінюванні якості моделей для визначення їх придатності до використання для вирішення конкретної задачі (у загальному випадку) необхідно враховувати такі їх властивості: адекватність, простота і оптимальність, гнучкість (адаптивність), універсальність і проблемна зорієнтованість, відкритість і доступність, інтелектуальність, ефективність машинної реалізації, ідентифікованість, стійкість, чутливість, управляємість та інші властивості [5–6].

В теперішній час не вирішені з потрібною повнотою і глибиною проблеми оцінювання якості моделей, обґрунтованого синтезу нових моделей, знаходження та надання переваги моделі серед існуючих, призначених для вирішення конкретних задач. Актуальність даної проблеми підсилюється у випадку, коли об'єкт досліджень описується полімодельним комплексом, до складу якого входять різноманітні і комбіновані моделі, кожна з яких оцінюється своєю сукупністю показників. Додаткове ускладнення оцінювання якості моделей вноситься при врахуванні фактору часу. Це стосується, насамперед, об'єктів-оригіналів, у яких під впливом різноманітних причин (об'єктивних, суб'єктивних, внутрішніх, зовнішніх, керованих або некерованих і інших) має місце суттєва структурна динаміка. В цих умовах для того, щоб модель зберігала свою точність і корисність, необхідно проводити адаптацію параметрів і структури даної моделі до змін умов, синхронізуючи її з динамікою змін як самого об'єкту-оригіналу, так і навколишнього середовища.

Забезпечити вказану вище синхронізацію у реальному масштабі часу особливо складно, для цього на етапі синтезу моделі до складу її параметрів і структур необхідно вносити додаткові (надмірні) елементи, які б на етапі безпосереднього використання моделі дозволили:

– управляти якістю і рівнем прилаштування до динаміки існуючих змін, як самого об'єкту-оригіналу, так і його навколишнього середовища;

– знизити чутливість моделі і відповідних показників якості до змін складу, структури і змісту вихідних даних.

При цьому задачі управління функціонуванням складних систем мають бути доповнені задачами структурної і параметричної адаптації спеціального програмного (математичного) забезпечення управління як системи в цілому, так і її елементами і підсистемами, та виконуватись у відповідності до змін поточної ситуації. Для підвищення ступеню адекватності процесів моделювання структура та параметри моделей мають змінюватись синхронно із поточними змінами.

При вирішенні задач моделювання складних систем особливе місце займає проблема оцінювання

(визначення) потрібною адекватності моделювання. На практиці необхідно оцінювати наскільки (у якому ступеню, за якими аспектами) модель адекватна по відношенню до об'єкту моделювання.

Взагалі кожний варіант технології системного (комплексного) моделювання характеризується власними витратами часу, різними ресурсами на проведення моделювання і власними кінцевими результатами (ефектами). В межах кваліметрії моделей (у тому числі і кваліметрії моделей управління структурною динамікою складних систем) особливе значення має оцінювання і вибір найкращих варіантів технологій моделювання для задоволення потреб прийняття управлінських рішень.

При розгляді проблем кваліметрії моделей і полімодельних комплексів необхідно оцінювати ефективність технологій системного моделювання, як складну властивість відповідного комплексу операцій, яка характеризує її пристосованість для досягнення мети моделювання. Дана властивість утворюється сукупністю таких властивостей, як результативність, ресурсообтяжливність, оперативність. Ці властивості характеризують наступне: результативність моделювання – здібність формувати цільовий ефект у вигляді нової інформації про об'єкт моделювання; ресурсообтяжливність – витрати різних ресурсів (матеріальних, інтелектуальних, людських, фінансових і інших) для реалізації потрібної технології моделювання; оперативність – витрати часу на реалізацію моделювання для досягнення цільового ефекту.

Для підвищення гнучкості і адекватності моделей (моделюючих систем і комплексів) дослідники прагнуть застосовувати різноманітні (різноманітні) моделі в рамках полімодельних комплексів. Це підтверджує актуальність подальшого розвитку теорії і практики, вдосконалення відповідного науково-методичного апарату в області проблематики моделювання складних систем різних видів, типів і призначення [5–6].

Положення, що наведені вище, у повній мірі належать до моделювання процесів функціонування складних багатоструктурних систем (далі – СБСС) військового призначення і управління їх структурною динамікою.

Для конструктивного вирішення загальної проблеми оцінювання і управління якістю моделей (надання переваги моделі), які зорієнтовані на відображення процесів функціонування СБСС військового призначення і управління структурною динамікою, необхідно попередньо дослідити наступні часткові проблеми (комплекси задач):

– провести опис, класифікацію і вибір переліку показників для оцінювання якості моделей (полімодельних комплексів) (далі – МПМК);

– розробити узагальнений опис (макроопис) певних класів моделей (макромоделей), який дозво-

ляє встановлювати взаємозв'язки і співвідношення між видами і типами моделей, порівнювати і упорядковувати їх за різними методиками;

- розробити комбіновані методи оцінювання значень показників якості МПМК;

- розробити методи і алгоритми вирішення задач векторного (з використанням декількох скалярних показників) аналізу, упорядкування і надання переваги МПМК;

- розробити методологічні і методичні основи вирішення задач векторного аналізу і синтезу технологій комплексного (системного) моделювання складних систем.

Вказані проблеми і методологічні основи їх формалізації і вирішення, доповнення понятійно-термінологічної і методичної бази можуть бути віднесені до компонентів нової прикладної теорії моделювання процесів функціонування СБСС різного призначення (у тому числі і систем військового призначення) і процесів управління їх структурною динамікою.

Мета статті – з системно-концептуальних позицій представити і проаналізувати особливості принципів, методів і технологій моделювання, характерних для модельного відображення процесів функціонування СБСС військового призначення і управління їх структурною динамікою в умовах змін оперативного-тактичної обстановки (далі – ОТО).

Виклад основного матеріалу

При моделюванні процесів функціонування СБСС військового призначення і управління їх структурною динамікою слід застосовувати концепції і принципи побудови як традиційних (актуальних), так і сучасних технологій системного моделювання, які ґрунтуються, наприклад, на гомеостатичній концепції моделювання і методах штучного інтелекту [4; 7–9].

Для традиційного підходу до імітаційного моделювання характерне послідовне виконання наступних етапів (рис. 1):

- формулювання проблеми, що вирішується методами моделювання, визначення мети і задач дослідження;

- вивчення системи, що досліджується, і складання її змістовного опису у поняттях певної предметної області;

- складання формалізованого опису системи і розробка алгоритму моделювання;

- програмна реалізація алгоритму моделювання та відлагодження програм;

- верифікація моделі (встановлення вірності машинної програмної моделі);

- перевірка адекватності моделі і визначення її придатності для проведення досліджень;

- планування і проведення імітаційних експериментів;

- обробка і аналіз результатів моделювання, їх інтерпретація;

- практичне використання результатів моделювання [5; 10].

Хоч традиційний підхід до моделювання знаходить широке застосування, однак він виявився непристосованим до вирішення ряду нових системних проблем і дослідження нових системних проблем і ускладнених системних об'єктів. До таких проблем може бути віднесена і проблема, що розглядається у статті, дослідження моделювання процесів функціонування СБСС військового призначення, формування управлінських рішень і управління структурною динамікою вказаних систем.

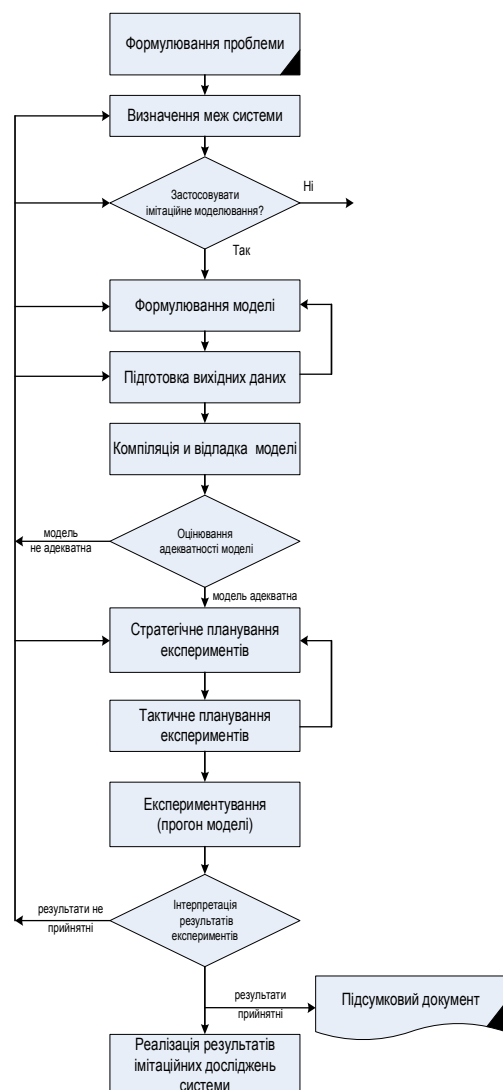


Рис. 1. Традиційна схема проведення імітаційних досліджень складних систем

Вирішення вказаної проблеми вимагало перегляду підходу до моделювання об'єктів, що моде-

люються, і використання моделювання для вирішення складних системних проблем, без відмови від традиційного формального математичного моделювання, але із застосуванням раціонального компромісу між тотальною (всеохоплюючою) формалізацією і логіко-інтелектуальним підходом.

За окремими напрямками моделювання стало доцільним використання інтелектуальних інформаційних технологій (далі – ІТ), зорієнтованих на символну обробку інформації [8; 20]. До вказаних технологій відносяться технології:

- експертних систем (систем заснованих на знаннях);
- нечіткої логіки;
- штучних нейронних мереж;
- виводу, засновані на прецедентах (альтернатива експертним системам);
- природньо-язикових систем і антологій;
- асоціативної пам'яті;
- когнітивного картування і оперативного кодування;
- еволюційного моделювання (генетичні алгоритми, генетичне програмування, еволюційне програмування, еволюційні стратегії).

Технології, що засновані на знаннях, застосовуються для вирішення неформалізованих проблем, до яких відносяться задачі, що містять наступні характеристики:

- задачі не описуються кількісно;
- вихідні дані і знання предметної області мають неоднозначність і неточність;
- мету функціонування об'єктів неможливо описати за допомогою чіткої цільової функції;
- не існує однозначного алгоритмічного вирішення задачі, або для існуючого алгоритмічного рішення занадто велика розмірність простору рішень і недостатність ресурсів (часу, продуктивності ЕОМ і інше). Вказані ситуації часто мають місце у військовій справі і надзвичайних ситуаціях [12–18].

За структурою експертна система являє собою інтелектуальну систему, яка включає базу знань і механізм виводу, а також компоненти навчання і пояснення рекомендацій, що надаються. Існуючі у теперішній час інтелектуальні засоби експертних систем не в повній мірі задовільняють вимогам роботи у реальному масштабі часу, що є суттєвим при управлінні структурною динамікою СБСС військового призначення.

Для подолання вказаних труднощів можуть бути використані технології логіки, зорієнтовані та обробку логіко-лінгвістичних моделей обробки знань [8–9].

При застосуванні СБСС широке розповсюдження на практиці отримали інформаційні технології еволюційного моделювання, які можливо представити як відтворення процесу природньої

еволюції за допомогою спеціальних комп'ютерних програм.

Інформаційні технології еволюційного моделювання і відповідні методи і алгоритми доцільно використовувати у тих випадках, коли прикладну задачу складно сформулювати у вигляді, що дозволяє знайти аналітичне рішення, чи наприклад, при управлінні системою у реальному часі.

Головна перевага ІТ є у тому, що вони дозволяють вирішувати слабоструктуровані та погано формалізовані задачі.

Слід зазначити, що сучасні ІТ мають недоліки, які пов'язані з характерними особливостями вхідної вимірювальної інформації і вимогами до процесу її аналізу, що не дозволяє їх ефективно використовувати для вирішення задач моніторингу стану у реальному масштабі часу.

Слід відмітити, що тенденція комплексування різних видів моделей у рамках узагальненої технології системного моделювання складних систем реалізується і в області інтелектуальних інформаційних технологій. В окремому випадку, для взаємного підсилення переваги (компенсації недоліків) кожної з перелічених ІТ можуть бути використані гібридні інформаційні технології.

Інтеграцію моделей і методів, заснованих на ІТ, як між собою, так і з моделями і методами, традиційно застосовуваними у класичній теорії управління, доцільно проводити, базуючись на концепції структурно-математичного і категорійно-функціонального підходів із застосуванням відповідної прикладної інтерпретації в області моделювання процесів функціонування СБСС військового призначення і управління їх структурною динамікою.

Символьний характер представлення базових множин і відношень, що покладені в основу вказаних раніше ІТ, дозволяють з використанням даного підходу формально описати і дослідити різні класи задач аналізу і синтезу цих технологій, задачі їх інтеграції із існуючими технологіями комплексного моделювання складних систем.

Головна особливість комплексного моделювання є у необхідності під час моделювання постійно проводити узгодження різнорідних моделей, які отримані у наслідок формальної або неформальної декомпозиції задач, що вирішуються. Ще однією особливістю організації процесу такого моделювання є необхідність використовувати сучасні потужні обчислювальні засоби (комплекси) і діалоговий режим роботи.

При комплексному моделюванні СБСС потрібно проводити розробку і реалізацію у рамках кожної конкретної інтегрованої системи підтримки прийняття рішень своїх принципів, методів, моделей і алгоритмів узгодження різнорідних моделей і цільових функцій, зорієнтованих на задану предметну

область. Це не виключає можливість використання стандартних інструментальних засобів (архітектури) комплексного моделювання, які уніфіковані і легко адаптуються.

У залежності від етапу моделювання і особливостей задачі, що вирішується, міжмодельне узгодження можливо проводити як на концептуальному, так і на алгоритмічному, інформаційному і програмному рівнях на основі використання відповідної інтеграції традиційних і інтелектуальних технологій моделювання.

Для моделювання процесів управління структурною динамікою СБСС і процесів їх функціонування слід розробляти і застосовувати наступні моделі управління:

– рухом мобільних об'єктів, які входять до складу систем, з різноманітним ступенем маневреності і швидкості переміщення;

- операціями;
- каналами зв'язку (комунікацій);
- ресурсами;
- потоками даних;
- параметрами операцій;
- структурами систем і їх підсистем;
- додатковими (забезпечення) операціями;
- спеціальних операцій і інші.

Вказані моделі можуть бути отримані у результаті формальної або неформальної декомпозиції (композиції), агрегування (деагрегування) вихідних моделей функціонування управління СБСС військового призначення.

Кожна модель, будучи моделлю вибору (прийняття відповідного рішення), буде відрізнятися власним способом визначення множини припустимих альтернатив (способом обліку просторово-часових, технічних, технологічних і інших обмежень), способом визначення відношень переваги, способом врахування факторів невизначеності, власною розмірністю, часом і складністю (обсягом, трудовитратами) її програмної реалізації і інші, які характеризують якість моделі. В цьому сенсі можливо поставити питання про вибір за певним критерієм (наприклад, мінімуму ризику) найкращої моделі. Однак у ряді випадків доцільно не протиставляти моделі, а об'єднувати їх, створювати гібридні моделі, у яких моделі різних класів будуть створювати ефекти взаємного підсилення переваг кожної з них.

При цьому разом з модельним рядом при вирішенні задач аналізу та оптимізації має проводитись міжмодельне та (або) внутрішнє узгодження показників якості (цільових функцій), за допомогою яких здійснюється порівнювання різних альтернатив варіантів функціонування складних систем.

За наданим вище, для забезпечення вирішення системних задач, разом з традиційним підходом до моделювання процесів функціонування і управління

СД СБСС військового призначення необхідно шукати нову концепцію моделювання, такою може бути концепція гомеостатичного моделювання (від грецької *homoios* – подібний, *status* – стан).

Ідея побудови гомеостатичної моделі є відносно простою (зрозумілою), однак її практична реалізація потребує залучення принципово нової технології моделювання, а також вирішення ряду наукових проблем. На практиці вона може бути реалізована різними способами, но суть в них одна: покрокове приведення моделі до стану схожості з об'єктом-оригіналом за рахунок включення в модель механізму адаптації і інтерпретації, а також організації режиму інтерактивного діалогу.

Загальний принцип побудови системної гомеостатичної моделі проілюстрований схемою, представленою на рис. 2 [11].

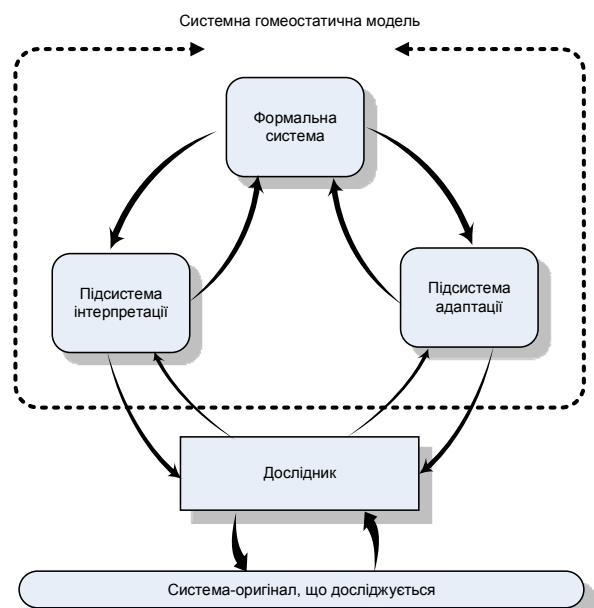


Рис. 2. Схема, яка ілюструє принципи побудови складної гомеостатичної моделі

Гомеостатична концепція системного моделювання ґрунтується на представленні моделі як відкритої ієрархічної багаторівневої динамічної системи, реалізація якої передбачає використання інтелектуальних комп'ютерних технологій.

Структурно-функціональна схема типової системної моделі приведена на рис. 3 [11]. Вона складається, як за правило, з двох основних компонентів – інформаційного і операційно-лінгвістичного.

Принципова особливість гомеостатичної системної моделі є у необхідності її навчання. Дослідження з використанням цієї моделі можуть бути виконані у відповідності із схемою, представленою на рис. 4 [11].

Важливою відмінністю виділеною у роботі системного моделювання від традиційного є необхідність використання мов представлення знань.

В цілому при системному моделюванні зникає грань між ретельним математичним формалізмом і

логіко-інтелектуальним підходом до аналізу системних явищ, що може дозволити обирати прийнятний шлях конструктивного вирішення системних проблем, що виникають при моделюванні процесів функціонування СБСС і управління їх структурною динамікою, за рахунок розумного компромісу.

Поки що не створено універсальної технології побудови системних моделей, що реалізує у повній мірі концепцію системного гомеостазу.

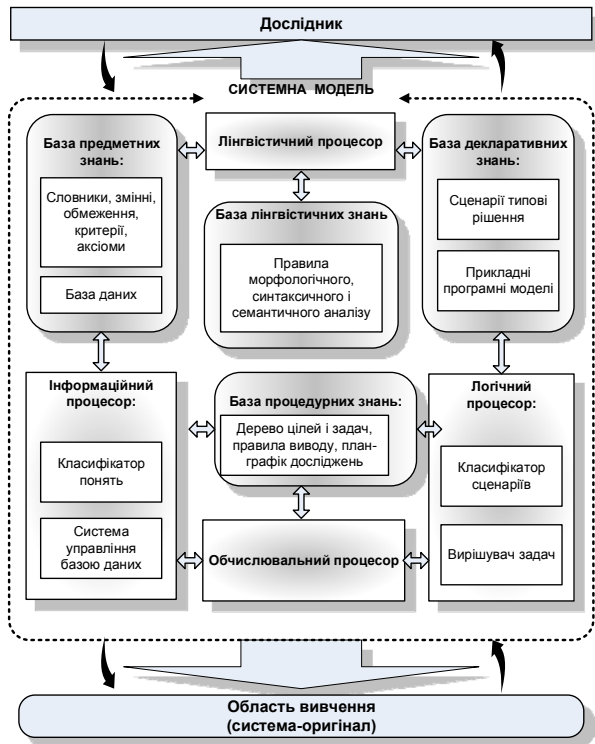


Рис. 3. Структурно-функціональна схема типової системної моделі

Тим більше представляється можливість на основі узагальнення наявного досвіду описати структуру типової системної моделі, виділити принципово важливі функціональні блоки і сформулювати загальні положення, котрі доцільно покласти в основу їх побудови.

Таким чином, у рамках кваліметрії моделей процесів функціонування СБСС військового призначення і управління їх структурною динамікою важливішими проблемними питаннями є питання оцінювання і вибору кращих варіантів технологій моделювання на основі використання принципу інтеграції традиційних і інтелектуальних технологій. При цьому особлива роль має відводитись проблемі забезпечення потрібної адекватності моделювання. При використанні моделі на практиці необхідно кожного разу оцінювати, у якому ступені вона адекватна стосовно до процесів функціонування оригіналу системи і управління її структурною динамікою у обстановці, що динамічно змінюється. Для цього потрібний обґрунтований вибір показників оцінювання адекватності моделі з урахуванням того, що

будуть змінюватись не тільки параметри, а і структура самих моделей. При комплексному моделюванні процесів управління структурною динамікою СБСС у рамках системних моделей доцільно використовувати гібридні інтелектуальні технології, узгоджуючи з рівнями факторів існуючої невизначеності і структурованості задачі, що вирішується.

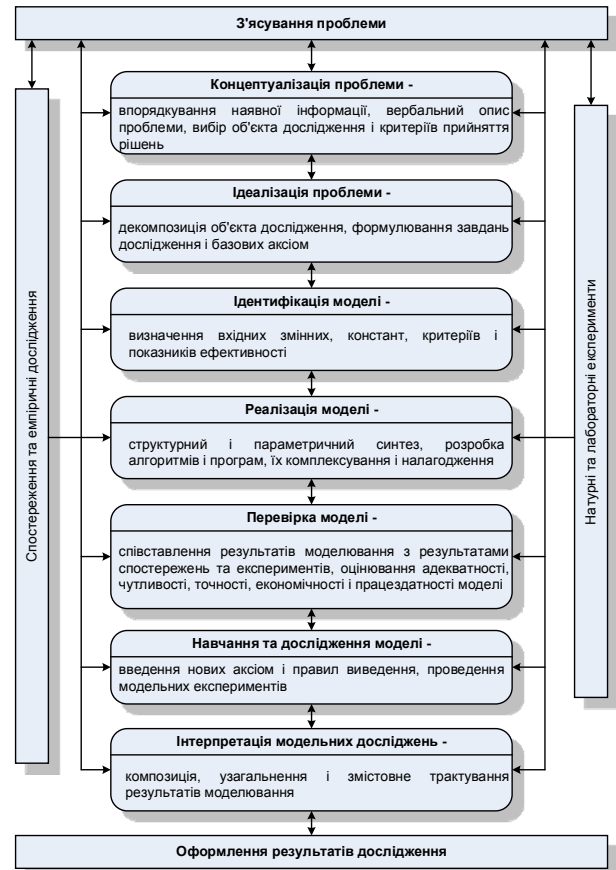


Рис. 4. Загальна схема проведення досліджень за допомогою системної моделі

Важливим питанням є обґрунтування і вибір алгоритмів структурної адаптації моделей процесів управління структурною динамікою СБСС, таких, що відображають адекватним образом динаміку змін оперативного-тактичної обстановки у районі ведення бойових дій (в районі відповідальності).

Системні моделі (полімодельні комплекси) можуть використовуватись (мають застосовуватись) у якості одного з основних компонентів науково-методичних засобів дослідження процесів управління структурною динамікою СБСС військового призначення при переході з евристичних методів модельного представлення цих процесів до послідовності цілеспрямованих теоретично і практично обґрунтованих етапів побудови моделей і алгоритмів аналізу станів, адекватних до можливих змін структури складних систем військового призначення.

Таке моделювання є багатоаспектним напрямком досліджень, яке, на відміну від експеримента-

льних досліджень в умовах реальної (не імітованої) обстановки, дозволяє більш повно і всебічно врахувати вплив різноманітних факторів на процеси функціонування СБСС, які практично неможливо у реальних умовах відтворити з причини їх великої складності і суттєвих витрат ресурсів.

Застосовуючи вказані методи моделювання можливо отримувати наступні результати:

- виявляти усі можливі варіанти сценаріїв змін зовнішньої обстановки, у яких може застосовуватись СБСС, екстремальні ситуації і впливи включно;
- знаходження узагальнених (інтегральних) оцінок ефективності управління структурною динамікою СБСС і інше.

Адаптація моделей за їх змістом має бути структурно-функціональною, узгодженою із змінами зовнішньої обстановки і системних задач, що виконуються.

Висновки

Моделювання процесів функціонування СБСС військового призначення і управління їх структурною динамікою має бути одним з основних засобів досліджень цих процесів і підтримки прийняття управлінських рішень у динаміці планування і ведення операцій (бойових дій) міжвидовими угрупованнями збройних сил і їх видами у районі відповідальності.

Найбільш придатними для цього є полімодельні комплекси, що інтегрують у своєму складі різноманітні види взаємно узгоджених моделей, що спільно використовують як традиційні, так і інтелектуальні технології моделювання. Зміни функціональних задач систем обумовлюють необхідність адекватної перестройки їх структури згідно уточнених задач і відповідного корегування моделей, що використовуються для отримання оцінок прогнозу багатьох структурних макростанів системи і підготовки необхідних управлінських впливів на них у динаміці змін оперативно-тактичної обстановки у районі ведення бойових дій. Адаптація моделей за їх змістом має бути структурно-функціональною і узгоджуватися із змінами зовнішньої обстановки і задач, що покладені на системи військового призначення у операціях (бойових діях), що плануються і проводяться.

Специфічними особливостями вказаних моделей є надскладність і неможливість їх всебічного відпрацювання і перевірки за реальними даними у повному обсязі, з відсутності у практиці відповідних фактичних оперативних результатів. Однак це суттєво не обмежує (повністю не виключає) використання моделей, а на-

впаки, потребує використовувати поряд з традиційними технологіями моделювання й інтелектуальні у межах інтегрованих полімодельних комплексів, особливо у випадку високого рівня невизначеності. Високий рівень невизначеності потребує використання у повній мірі знань і досвіду військових фахівців, котрі мають значний практичний досвід.

У теперішній час теорія і практика моделювання процесів функціонування СБСС різних видів і типів військового призначення, а також алгоритмів управління їх структурною динамікою залишаються недостатньо апробованими, що обумовлює необхідність їх подальшого розвитку.

Основну увагу доцільно зосередити на розробці і використанні таких моделей, які дозволяють підтримувати вибір кращих варіантів управління структурною динамікою СБСС в умовах невизначеності прогнозу ситуації, яка може бути у процесі ведення операції (бойових дій) угрупованнями збройних сил, разом з необхідним переглядом задач для зниження рівня прояву факторів ризику від оперативнотактичної обстановки, що динамічно змінюється.

Моделі мають мати наступні якості: адекватність, простоту, гнучкість, адаптивність, проблемну зорієнтованість, відкритість і доступність, ідентифікованість, стійкість, чутливість, керованість, спостерігаємось, інтелектуальність і інші.

Особливо необхідно визначити проблему оцінювання адекватності моделювання процесів функціонування СБСС в умовах обстановки, що динамічно змінюється в районі ведення бойових дій.

Для підвищення ступеню адекватності процесів моделювання, поряд з параметричною адаптацією спеціального програмного (математичного) забезпечення управління структурною динамікою СБСС, необхідно проводити структурну адаптацію відповідних моделей.

Одночасно з вище вказаним актуальним є обґрунтування і вибір складу показників, що дозволить:

- найбільш повно оцінювати якість моделей і полімодельних комплексів;
- проводити розробку макроописів різних класів моделей, що узгоджені для спільного використання у рамках полімодельних комплексів;
- вдосконалювати методи і технології моделювання дослідження процесів функціонування СБСС та алгоритмів управління їх структурною динамікою з використанням полімодельних комплексів.

Список літератури

1. Емельянов В.В. Имитационное моделирование систем / В.В. Емельянов, С.И. Ясинковский. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 584 с.
2. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков. – СПб.: КОРОНА принт; М.: Альтекс – А, 2004. – 384 с.
3. Строгалева В.П. Имитационное моделирование / В.П. Строгалева, И.О. Толкачев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 280 с.

4. Новосельцев В.И. Теоретические основы системного анализа, 2-е изд., исправл. и перераб; под ред. В.И. Новосельцева / В.И. Новосельцев, Б.В. Тарасов. – М.: Майор, 2013. – 536 с.
5. Демидов Б.А. Системно-концептуальные основы методологии военно-научных исследований и решения прикладных военно-технических проблем: монография: в 3 книгах. Книга 3 / Б.А. Демидов, С.Н. Остапенко, М.И. Луханин и др.; под ред. Б.А. Демидова. – Тверь, 2014. – 560 с.
6. Девятков В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: монография / В.В. Девятков. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА – М, 2013. – 448 с.
7. Основы теории применения управления в системах специального назначения / Ю.В. Бородакий, А.В. Боговик, В.И. Курносов и др.; под общ. ред. Ю.В. Бородакия, В.В. Масановца. – М.: Управление делами президента РФ, 2008. – 400 с.
8. Болотова Л.С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях / Л.С. Болотова. – М.: Финансы и статистика, 2012. – 664 с.
9. Макаров И.М. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов. – М.: Наука, 2006. – 333 с.
10. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем / О.И. Шелухин, А.М. Тенякшев, А.В. Осин. – М.: Радиотехника, 2005. – 368 с.
11. Демидов Б.А. Методические основы системных исследований и решения проблем технического оснащения вооруженных сил государства: монография в 2 книгах. Книга 2 / Б.А. Демидов, О.П. Коростылев. С.Н. Остапенко и др. – К.: ИД “Стилос”, 2016. – 640 с.
12. Худов Г.В. Тактика радіотехнічних військ / Г.В. Худов, Б.В. Бакуменко, В.І. Боровий та інші.; за заг.ред Г.В. Худова. – Х.: ХНУПС, 2018. – 240 с.
13. Ярош С.П. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони / С.П. Ярош. – Х.: ХУПС, 2012. – 512 с.
14. Ярош С.П. Моделювання бойових дій зенітного ракетного підрозділу / С.П. Ярош, М.О. Єрмошин, Г.А. Дробаха та ін. – Х.: ХУПС, 2014. – 380 с.
15. Современные проблемы управления силами ВМФ: Теория и практика. Состояние и перспективы / И.В. Соловьев, В.В. Геков, С.М. Доценко и др; Под ред. В.И. Куроедова. – СПб.: Политехника, 2006. – 432 с.
16. Владимиров А.И. Основы общей теории войны: монография в 2 ч. Часть I: Основы теории войны / А.И. Владимиров. – М.: Синергия, 2013. – 832 с.
17. Информационные технологии в системе управления силами ВМС (теория и практика, состояние и перспективы развития) / В.Ф. Шпак, Н.Ф. Директоров, В.И. Мирошников и др.; под общ. ред. В.В. Авдошина. – СПб.: “Элмор”, 2005. – 832 с.
18. Ямалов И.У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / И.У. Ямалов. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2007. – 288 с.
19. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ – Петербург, 2003. – 736 с.
20. Ручкин В.Н. Универсальный искусственный интеллект и экспертные системы / В.Н. Ручкин, В.А. Фулин. – СПб.: БХВ – Петербург, 2009. – 240 с.

References

1. Yemel'yanov, V.V. and Yasinkovskiy, S.I. (2009), “*Imitatsionnoye modelirovaniye sistem*” [Simulation systems], Publishing House of Moscow Bauman State Technical University, Moscow, 584 p.
2. Ryzhykov, Y.I. (2004), “*Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i tekhnologii*” [Simulation. Theory and technology], CORONA print, St. Petersburg, Alliance, Moscow, 284 p.
3. Strogalev, V.P. and Tolkachev, I.O. (2008), “*Imitatsionnoye modelirovaniye*” [Simulation], Publishing House of Moscow Bauman State Technical University, Moscow, 280 p.
4. Novosel'tsev, V.I. and Tarasov, B.V., (2013), “*Teoreticheskiye osnovy sistemnogo analiza*” [Theoretical foundations of systems analysis], Major, Moscow, 536 p.
5. Demidov, B.A., Ostapenko, S.N. and Lukhanin, M.I. (2014), “*Sistemno-kontseptual'nyye osnovy metodologii voenno-nauchnykh issledovaniy i resheniya prikladnykh voyenno-tekhnicheskikh problem: monografiya: v 3 knigakh. Kniga 3*” [System-conceptual foundations of the methodology of military-scientific research and solving applied military-technical problems: monograph: in 3 books. Book 3], Tver, 560 p.
6. Devyatkov, V.V. (2013), “*Metodologiya i tekhnologiya imimitatsionnykh issledovaniy slozhnykh sistem: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya: monografiya*” [Methodology and technology of imitation studies of complex systems: current state and development prospects: monograph], University textbook INFRA, Moscow, 448 p.
7. Borodakiy, Y.V., Bogovik, A.V. and Kurmosov, V.N. (2008), “*Osnovy teorii upravleniya v sistemakh spetsial'nogo naznacheniya*” [Fundamentals theory of management in special-purpose systems], Office of the President of the Russian Federation, Moscow, 400 p.
8. Bolotova, L.S. (2012), “*Sistemy iskusstvennogo intellekta: modeli i tekhnologii, osnovannyye na znaniyakh*” [Artificial intelligence systems: knowledge-based models and technologies], Finance and Statistics, Moscow, 664 p.
9. Makarov, I.M., Lokhyn, V.M., Manjko, S.V. and Romanov, M.P. (2006), “*Iskusstvennyy intellekt i itelektual'nyye sistemy upravleniya*” [Artificial Intelligence and Integrated Control Systems], Science, Moscow, 333 p.

10. Shelukhin, O.I., Tenyakshev, A.M. and Osin, A.V. (2005), "Modelirovaniye informatsionnykh sistem" [Information systems modeling], Radio Engineering, Moscow, 368 p.
11. Demidov, B.A., Korostylev, O.P. and Ostapenko, S.N. (2016), "Metodicheskiye osnovy sistemnykh issledovaniy i resheniya problem tekhnicheskogo osnashcheniya vooruzhennykh sil gosudarstva: monografiya v 2 knigakh. Kniga 2" [Methodical foundations of system research and solving the problems of technical equipment of the armed forces of the state: monograph in 2 books. Book 1], Publishing House "Stilos", Kyiv, 640 p.
12. Khudov, H.V., Bakumenko, B.V. and Borovyj, V.I. (2018), "Takyka radiotekhnichnykh viys'k" [Tactics of radio troops], Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, 240 p.
13. Yarosh, S.P. (2012), "Teoretychni osnovy pobudovy ta zastosuvannya rozviduval'no-upravlyayuchykh informatsiynykh system protyvo-vitryanoyi oborony" [Theoretical Foundations for the Construction and Use of Intelligence-Control Information Systems for Anti-Wind Turbines], Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, 512 p.
14. Yarosh, S.P., Yermoshin, M.O. and Drobakha, G.A. (2014), "Modelyuvannya boyovykh diy zenitnoho raketnoho pidrozdilu" [Modeling of combat actions of anti-aircraft missile subdivision], Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, 380 p.
15. Solov'yev, I.V., Gekov, V.V. and Dotsenko, S.M. (2006), "Sovremennyye problemy upravleniya silami VMF: Teoriya i praktika. Sostoyaniye i perspektivy" [Modern problems of managing the forces of the Navy: Theory and practice. State and prospects], Politehnika, St. Petersburg, 432 p.
16. Vladimirov, A.I. (2013), "Osnovy obshchey teorii voyny: monografiya v 2 ch. Chast' I: Osnovy teorii voyny" [Fundamentals of the general theory of war: a monograph in 2 parts. Part I: Fundamentals of the theory of war], Synergy, Moscow, 832 p.
17. Shpak, V.F., Direktorov, N.F. and Miroshnikov, V.I. (2005), "Informatsionnyye tekhnologii v sisteme upravleniya silami VMS (teoriya i praktika, sostoyaniye i perspektivy razvitiya)" [Information technologies in the control system of naval forces (theory and practice, state and prospects of development)], Elmore, St. Petersburg, 832 p.
18. Yamalov, I.U. (2007), "Modelirovaniye protsesov upravlyeniya i prinyatiya resheniy v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy" [Simulation of management and decision making processes in emergency situations], Laboratory of Basic Knowledge, Moscow, 288 p.
19. Leonenkov, A.V. (2003), "Nechotkoye modelirovaniye v srede MATLAB i fuzzy TECH" [Fuzzy simulation in MATLAB and fuzzy TECH], BHV, St. Petersburg, 736 p.
20. Ruchkin, V.N. and Fulin, V.A. (2009), "Universal'nyy iskusstvennyy intellekt i ekspertnyye sistemy" [Universal artificial intelligence and expert systems], BHV, St. Petersburg, 240 p.

Надійшла до редколегії 4.01.2019

Схвалена до друку 22.01.2019

Відомості про авторів:

Гриб Дмитро Анатолійович

кандидат військових наук доцент
провідний науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8478-978X>

Демідов Борис Олексійович

доктор технічних наук професор
провідний науковий співробітник
Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1728-6925>

Кучеренко Юрій Федорович

кандидат технічних наук
провідний науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9937-371X>

Ткачов Андрій Михайлович

кандидат технічних наук
провідний науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1428-0173>

Information about the authors:

Dmitrii Grib

Candidate of Military Sciences Associate Professor
Lead Researcher
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8478-978X>

Boris Demidov

Doctor of Technical Sciences Professor
Lead Researcher
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1728-6925>

Yurii Kucherenko

Candidate of Technical Sciences
Senior Research
Lead Researcher of Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9937-371X>

Andrey Tkachov

Candidate of Technical Sciences
Lead Researcher
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1428-0173>

Шубін Євген Вікторович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3411-8125>

Evgen Shubin

Candidate of Technical Sciences
Senior Research
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3411-8125>

**ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ МНОГОСТРУКТУРНЫХ СИСТЕМ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ
И УПРАВЛЕНИЕ ИХ СТРУКТУРНОЙ ДИНАМИКОЙ**

Д.А. Гриб, Б.А. Демидов, Ю.Ф. Кучеренко, А.М. Ткачев, Е.В. Шубин

В статье рассматриваются системно-концептуальные положения о моделировании процессов функционирования сложных многоструктурных систем военного назначения и управления их структурной динамикой в условиях изменения оперативно-тактической обстановки в районе ведения боевых действий. Управление структурной динамикой представляется как процесс формирования и реализации управленческих воздействий на систему (организационную, организационно-техническую, техническую), которые обеспечивают ее перевод с текущего (исходного) в заданное (требуемое) структурное макросостояние с соблюдением принципа зависимости структуры системы от ее функций. Моделирование отнесено к одному из основных исследований указанных систем, которое обеспечивает их полноту и оперативность. При формировании управления структурной динамикой сложных многоструктурных систем военного назначения рекомендуется использовать (в зависимости от текущей или прогнозируемой ситуации в районе ведения боевых действий) такие модели процессов управления, которые позволяют с различной детализацией и формой учитывать (при необходимости) различные факторы возмущения, которые влияют на систему (целенаправленно или нецеленаправленно), выбирая различные подходы к учету в моделях управляемых факторов влияния адекватно сложившимся условиям, а также учитывать возможное проявление фактора риска. Утверждается, что модели, способные к быстрой структурно-функциональной адаптации к изменениям функциональных задач системы и оперативно-тактической обстановки, будут более адекватными ситуации при ведении боевых действий и будут обеспечивать поддержку более эффективного управления структурной динамикой и процессами функционирования сложных многоструктурных систем военного назначения в обстановке, которая динамично меняется в зоне ответственности. Учитывая то, что экспериментальная обработка и проверка моделей процессов функционирования сложных многоструктурных систем военного назначения и управления их структурной динамикой по реальным данным имеет существенные ограничения по невозможности получения достаточного объема исследовательских данных, предлагается комплексировать (интегрировать) различные виды моделей в рамках полимодельных комплексов и совместно использовать традиционные и интеллектуальные технологии моделирования, в том числе и технологии гомеостатического моделирования.

Ключевые слова: структурная динамика, системная модель, полимодельный комплекс, информационные технологии моделирования, гомеостатическая концепция моделирования, структурно-функциональная адаптация.

**PRINCIPLES, METHODS AND TECHNOLOGIES OF MODELING AND RESEARCH PROCESSES
OF FUNCTIONING COMPLICATED SYSTEMS OF MILITARY PURPOSES AND MANAGEMENT
OF STRUCTURE DYNAMICS**

D. Grib, B. Demidov, Y. Kucherenko, A. Tkachov, E. Shubin

The article deals with the system-conceptual provisions on the simulation of the functioning of complex many military structural systems and their management of structural dynamics in the context of changing the operational and tactical situation in the area of combat operations. Structural dynamics management is represented as a process of formation and implementation of managerial influences on the system (organizational, organizational, technical, technical), which ensure its transfer from the current (output) to the given (necessary) many structural macrostation, observing the principle of dependence of the structure of the system from its functions. Modeling is attributed to the main means of research of these systems, which ensures their completeness and efficiency. When forming the management of the structural dynamics of complex many military structural systems it is recommended to use (depending on the current or predicted situation in the area of combat operations) such models of management processes that allow, with different details and form, to take into account (if necessary) the various perturbation factors that affect on the system (purposefully or inappropriately), choosing different approaches to taking into account in models of the controlled factors of influence adequately the prevailing conditions, and so also consider possible risk factor expression. It is argued that models capable of rapid structural-functional adaptation to changes in the functional tasks of the system and the operational-tactical situation will be more adequate to situations in the conduct of hostilities and will provide support for more effective management of structural dynamics and processes of functioning of complex multi-structural military systems in a dynamic situation that changes in the area of responsibility. Given that the experimental processing and testing of the models of the operation of complex many military structural systems and the management of their structural dynamics by real data has significant limitations on the impossibility of obtaining sufficient amount of research data, it is proposed to integrate (integrate) different types of models within the frame of the model complexes and to share traditional and intellectual modeling technologies, including homeostat modeling technologies.

Keywords: structural dynamics, system model, multi-model complex, information modeling technology, homeostatic modeling concept, structural and functional adaptation.