

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ
ІМ. Г.Є. ПУХОВА

ДОДОНОВ ЄВГЕНІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 004.94

**МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЮЮЧИХ
КОМПЛЕКСІВ СИСТЕМ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ**

Спеціальність 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2025

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті проблем реєстрації інформації НАН України, м. Київ.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Чемерис Олександр Анатолійович,
Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України,
заступник директора з наукової роботи.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Мухін Вадим Євгенійович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського», професор кафедри
математичних методів системного аналізу;

доктор технічних наук, професор
Аль-Амморі Алі Нурдинович,
Національний транспортний університет,
професор кафедри інформаційно-аналітичної
діяльності та інформаційної безпеки.

Захист відбудеться «5» вересня 2025 року о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д26.185.01 Інституту проблем моделювання в енергетиці ім.Г.Є. Пухова НАН України за адресою: 03164, м. Київ, вул. Генерала Наумова, 15.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України за адресою: 03164, м. Київ, вул. Генерала Наумова, 15.

Автореферат розісланий «04» серпня 2025 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.185.01

В.В. Душеба

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасні організації стикаються з комплексними викликами, серед яких – необхідність адаптації до нових технологій, глобалізація та зростаюча конкуренція. Комп'ютерні моделюючі комплекси (КМК) дозволяють аналізувати різні сценарії та напрацьовувати обґрунтовані управлінські рішення. Апробація цих технологій на КМК дозволяє обирати потрібні рішення.

Ці аспекти підкреслюють важливість та актуальність дослідження методів формування комп'ютерних моделюючих комплексів, як моделюючого середовища і технологічної платформи для створення та вдосконалення систем організаційного управління (СОУ), що сприятиме розвитку сучасних організацій на основі застосування новітніх інформаційних технологій.

Організаційне управління – багатофазний процес переробки інформації, прийняття рішень, напрацювання і реалізації управлінських дій для досягнення поставлених цілей. Сукупність організаційної структури і механізмів функціонування (організаційного управління), набір правил, процедур, алгоритмів, що забезпечують досягнення поставленої мети із залученням до цього необхідних ресурсів, утворюють систему організаційного управління – СОУ.

Небезпечно, витратно, а іноді й взагалі неможливо проводити натурні експерименти із СОУ (наприклад, в соціально–економічних або військових сферах), але, безумовно, є потреба в аналізі таких систем, дослідженні процесів їх взаємодії, прогнозуванні змін у функціонуванні, передбаченні переходу в небажані стани і запобіганні цим процесам. Тому актуальним і важливим є створення спеціалізованих засобів моделювання, що надають інструментарій для проведення комплексного дослідження та оцінювання запропонованих рішень щодо створюваної автоматизованої СОУ.

При розробленні СОУ відповідно до зазначених вимог необхідне чітке розуміння причинно–наслідкових зв'язків між складовими елементами керованого об'єкта, динаміки змін кожної складової. Мають бути відпрацьовані методи та засоби управління розподіленими в просторі складовими з урахуванням особливостей технологічних процесів та наявних взаємозв'язків. Процеси організаційного управління мають бути узгоджені в часі і зорієнтовані на те, що вибір варіантів управлінських дій відбувається найчастіше в умовах високого ступеня невизначеності та жорстких часових обмежень.

З огляду на викладене вище, тема дослідження, присвячена вирішенню важливого науково–прикладного завдання розроблення методів формування моделюючих комплексів систем організаційного управління, є актуальною.

Дослідженню проблем, пов'язаних із створенням і моделюванням складних систем організаційного управління, що являють собою об'єкт дисертаційного дослідження, присвячено численні публікації вітчизняних і зарубіжних вчених. Значний внесок у розвиток методів дослідження та створення автоматизованих систем управління (АСУ) різних класів, проблемно–орієнтованих комплексів, моделюючих комплексів спеціального призначення, ситуаційних центрів, інформаційно–аналітичних систем у сфері оборони зробили такі вітчизняні вчені як Б.О.Демідов., О.Г.Додонов, О.О.Морозов, І.П.Сініцин, О.М.Загорка, С.П.Ярош, С.О.Кірсанов. Питання актуальності розроблення моделюючого комплексу для створення АСУ, що інтегрує в єдиний інформаційний контур органи управління стратегічного, оперативного та тактичного рівнів, вперше розглянуто В.П. Горбуліним і О.Г. Додоновим. Проте, незважаючи на значну кількість підходів до вирішення даного завдання, воно залишається актуальним не тільки для України, але і для всієї світової спільноти.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційні дослідження проведено протягом 2012–2024 рр. Тематика дисертаційної роботи та отримані результати безпосередньо пов'язані з Законом України «Про електронні комунікації» від 16 грудня 2020 р., Законом України «Про Національну програму інформатизації» від 1 березня 2023 р., Розпорядженнями Президії НАН України № 659 від 28 грудня 2022 р. та № 73 від 26 січня 2024 р. «Про виконання установами НАН України НДДКР Цільової науково-технічної програми оборонних досліджень НАН України» (відповідно у 2023 і 2024 роках) та тематикою проєктів Інституту проблем реєстрації інформації (ІПРІ) НАН України: «Розроблення моделюючого комплексу автоматизованої системи управління авіаційним комплексом»; «Імітаційний комплекс для моделювання та дослідження процесів управління посадкою літальних апаратів»; «Розроблення та постачання документації моделюючого комплексу командної системи управління корабельного з'єднання (МК КСУ КЗ) з наданням послуг з технічного супроводження реалізації МК КСУ КЗ»; ДКР «Гіацинт» – договір виконувався в інтересах Міністерства оборони України; НДР «Розроблення моделюючого комплексу для створення автоматизованої системи

управління силами та засобами ЗСУ, що інтегрує в єдиний інформаційно-функціональний контур органи управління стратегічного, оперативного і тактичного рівнів» (Державний реєстраційний номер 0123U101164 від 17.02.2023).

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є розроблення та обґрунтування методів формування комп'ютерних моделюючих комплексів, що забезпечують вдосконалення автоматизованих СОУ шляхом моделювання процесів, що в них відбуваються, та відпрацювання на моделі основних проектних рішень щодо їх створення.

Для досягнення цієї мети в даній роботі необхідно було розв'язати такі основні теоретичні та прикладні задачі:

1. Провести аналіз існуючих підходів до моделювання СОУ.
2. Дослідити базові основи формування комп'ютерних моделюючих комплексів та основні принципи їх побудови.
3. Розробити методи формування комп'ютерних моделюючих комплексів, обрати інформаційні технології для їх реалізації.
4. Реалізувати та протестувати запропоновані методи при формуванні комп'ютерних моделюючих комплексів (створити математичні моделі та алгоритми; розробити архітектуру КМК; розробити програмне забезпечення для реалізації моделей та алгоритмів; розробити сценарії моделювання; розгорнути та налаштувати програмно-технічні засоби КМК; виконати моделювання процесів організаційного управління на КМК відповідно до розроблених сценаріїв; оцінити запропоновані рішення за результатами моделювання).

Об'єктом дослідження є системи організаційного управління, що використовують комп'ютерні моделюючі комплекси для вдосконалення управлінських процесів.

Предметом дослідження є методи та підходи до формування комп'ютерних моделюючих комплексів систем організаційного управління.

Методи дослідження. Проведені дослідження базуються на методологічній основі системного підходу, системного аналізу, модельного підходу, теоретико-множинного підходу, сценарного аналізу, методах інтеграції в єдиний інформаційний простір. Як засіб розв'язання поставлених задач використовувалось математичне та комп'ютерне моделювання.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в розробленні інноваційних методів формування комп'ютерних моделюючих комплексів СОУ:

1. Вперше розроблено **модульно - інтеграційний метод**, який передбачає інтеграцію з зовнішніми джерелами даних і використання бази знань, де накопичується інформація про попередні моделювання, конфігурації модулів та результати аналізу, що забезпечує повторне використання знань і підвищує ефективність майбутніх сеансів моделювання.

2. Вперше розроблено **модульно - сценарний метод** формування КМК, який організовує формування КМК на базі заданих сценаріїв моделювання, які визначають, як взаємодіють функціональні модулі в залежності від завдань, що ставить група прийняття рішень. Кожен модуль, що реалізує окремі функції, містить набір функціональних задач, які активуються згідно із заданим сценарієм.

3. Вперше розроблено **модульно - інтеграційно - сценарний метод**, який розширює можливості зазначених базових підходів і використовує їх переваги. Основними архітектурними компонентами КМК, сформованим за цим методом, є: набір незалежних модулів; інтеграційна компонента, що дозволяє використовувати інформаційні та функціональні ресурси інших систем і джерел інформації; бібліотека шаблонів сценаріїв (наприклад, тренувальні, кризові, бойові), сценарний рушій (DSL, YAML, JSON або графічний редактор сценаріїв).

4. Для реалізації запропонованих методів розроблено та апробовано: автоматизоване налаштування конфігурації КМК; архітектурну концепцію із вбудованою базою знань КМК, що забезпечує гнучкість, масштабованість та інтеграцію з сучасними інформаційними технологіями; програмне забезпечення, що забезпечує реалізацію запропонованих методів формування КМК, моделей та алгоритмів вирішення задач СОУ.

Практична значимість отриманих результатів. Отримані в дисертаційній роботі результати є корисними при розробленні та створенні моделюючих комплексів у оборонній сфері. Практична цінність роботи полягає у наступному:

- застосування методів, що пропонуються, забезпечує формування КМК, як моделюючого середовища і технологічної платформи для створення автоматизованих СОУ (АСОУ) різного призначення;

- розроблені методи та моделі можуть бути безпосередньо застосовані та впроваджені в процеси автоматизації діяльності

організацій, що сприятиме їхньому розвитку та підвищенню конкурентоспроможності;

– розроблені методи та моделі дозволяють відпрацювати та адаптувати управлінські стратегії до змін в зовнішньому та внутрішньому середовищі організації шляхом моделювання різних сценаріїв розвитку ситуації, що забезпечує прийняття більш обґрунтованих управлінських рішень.

Особистий внесок здобувача. Усі представлені та винесені на захист наукові та науково–технічні результати отримано автором самостійно. У працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: [1] – реалізація та аналіз запропонованої моделі в Excel; [2] – моделювання задачі про потоки мінімальної вартості; [4] – постановка та розв’язання задачі управління проектом; [8] – розроблення та опис процесу організації виконання сценарію на моделюючому комплексі; [9] – моделювання оптимізаційної задачі захисту мережевих структур; [10] – методи забезпечення інформаційної безпеки територіально–розподілених інформаційних комп’ютерних систем; [14] – аналіз запропонованої моделі; [16] – дослідження проблем реконфігурації мережі.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на наукових конференціях, серед яких: Міжнародна наукова конференція «Інформаційні технології та безпека» (Київ; 2018-2024), Щорічна наукова конференція ІПРІ НАН України «Реєстрація, зберігання і обробка даних» (Київ; 2015-2024).

Результати проведених досліджень апробовані та реалізовані при створенні комп’ютерних моделюючих комплексів, розроблених та розгорнутих в ІПРІ НАН України.

Публікації. Основні положення дисертаційного дослідження опубліковано у 19 наукових працях, у тому числі: 1 стаття у періодичному науковому виданні держави, яка входить до країн ЄС [7], 6 наукових статей у вітчизняних фахових наукових журналах категорії «Б», що рекомендовані МОН [1-6], та також 12 матеріалів та тез доповідей конференцій [8-19].

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, змісту, чотирьох розділів, висновків, двох додатків, списку використаних джерел та містить 147 сторінок основного тексту, 32 рисунки. Список використаних джерел налічує 98 найменувань на 6 сторінках. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 168 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

В анотації та вступі представлено загальну характеристику дисертації, обґрунтовано актуальність обраної теми дослідження, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено наукову новизну отриманих результатів та їхнє практичне значення, наведено інформацію про апробацію результатів, публікації, структуру, об'єм та ключові слова.

У першому розділі «Огляд і аналіз наявних рішень та підходів до моделювання систем організаційного управління» проведено аналіз наявних рішень у галузі комп'ютерного моделювання, розглянуто існуючі підходи до моделювання складних систем, виконано аналіз систем організаційного управління, як об'єктів моделювання, розглянуто особливості комп'ютерних моделей та етапи їх створення.

Існуючі підходи до моделювання складних систем

Існуючі підходи до створення моделей складних систем включають різноманітні методи і інструменти, що їх реалізують, а саме: методи дискретно-подійного моделювання, що включають побудову, аналіз і валідацію моделей (інструменти: Arena, AnyLogic та Simul8); методи системної динаміки, які використовуються для моделювання і аналізу складних систем і процесів, таких як управлінські рішення та економічні моделі (Vensim та Stella); методи агентно-орієнтованого моделювання, які базуються на моделюванні систем як набору агентів, що взаємодіють один з одним і з середовищем (NetLogo, AnyLogic та Repast); симуляційне моделювання з використанням методів Монте-Карло - для моделювання і аналізу випадкових процесів і оцінки ймовірностей результатів (MATLAB і Python з бібліотеками NumPy і SciPy); моделювання на основі фізичних законів, що дозволяє створювати моделі, які ґрунтуються на математичних рівняннях і фізичних принципах (ANSYS та COMSOL Multiphysics); комплексний підхід, що полягає у інтеграції різних підходів і дозволяє створювати комплексні моделі, які охоплюють різні аспекти систем, процесів і явищ (AnyLogic).

Аналіз систем організаційного управління, як об'єктів моделювання

Визначено, що основним призначенням СОУ є створення та підтримка такої структури, функціональності і взаємодії комплексу елементів системи, які б здатні були реалізувати набір управляючих дій, достатній для досягнення цілі управління. Автоматизовані СОУ

мають у своєму складі такі складові: інформаційні ресурси, подані у вигляді баз даних (баз знань); формальну логіко–математичну систему, реалізовану у вигляді програмних модулів, що забезпечують введення, обробку, пошук та виведення необхідної інформації; інтерфейс, що забезпечує спілкування користувача із системою у зручній для нього формі; персонал, який визначає порядок функціонування системи, планує порядок постановки завдань та досягнення цілей; комплекс технічних засобів.

Виділяються загальні та специфічні функції управління. До загальних функцій управління належать функції, які не залежать від предметної області та властиві всім СОУ. Склад специфічних функцій управління конкретної СОУ визначається особливостями предметної області, формою організації технологічних процесів, взаємозв'язком структурних елементів, їх кількістю на різних рівнях управління та іншими чинниками.

Основні етапи створення комп'ютерних моделей

Сутність створення та дослідження комп'ютерної моделі полягає у проведенні на комп'ютері експерименту з моделлю, яка є деяким програмним комплексом, що описує формально та (або) алгоритмічно поведінку елементів системи в процесі її функціонування.

Основні етапи створення та дослідження комп'ютерної моделі включають: 1. Побудову описової інформаційної моделі (виділення істотних параметрів); 2. Створення формалізованої моделі; 3. Побудову комп'ютерної моделі (перетворення формалізованої інформаційної моделі на комп'ютерну зрозумілою для комп'ютера мовою); 4. Комп'ютерний експеримент; 5. Аналіз отриманих результатів та коригування досліджуваної моделі.

Використання комп'ютерної моделі підвищує якість апробованих в процесі комп'ютерного експерименту проєктних рішень для створення АСОУ, заощаджує час, знижує витрати та значно зменшує ризики невірних рішень, зокрема, у випадку дослідження та створення АСОУ військового призначення, коли ціна помилки може бути занадто високою.

Інтеграція різних підходів до моделювання дозволяє створювати комплексні моделі, які об'єднують елементи дискретно–подійного моделювання, системної динаміки, агентно–орієнтованого моделювання та інших методів. Така інтеграція часто використовується в комплексних системах, де один підхід не може охопити всі аспекти

Однак, існують важливі проблеми та виклики, які потребують подальших досліджень, а саме: точність і надійність моделей; єдиний; потреба в значних обчислювальних ресурсах для реалізації складних моделей. Ці аспекти підкреслюють важливість та актуальність дослідження методів формування комп'ютерних МК для створення та вдосконалення СОУ.

У другому розділі «Теоретичні основи формування комп'ютерних моделюючих комплексів» визначено основні поняття, наведена класифікація комп'ютерних моделюючих комплексів (КМК), розглянуто основні принципи побудови КМК; наведено базові теоретичні підходи, що мають застосовуватися до побудови КМК, як моделей складних СОУ; досліджено стан розвитку та створення КМК спеціального призначення в Україні; визначено основні проблеми, що виникають при створенні КМК.

Комп'ютерний моделюючий комплекс – це інтегрована система програмних та апаратних засобів, що використовується для створення та аналізу моделей складних систем з метою прогнозування, оптимізації та прийняття рішень.

Класифікація КМК представлена за наступними ознаками: за типом моделювання; за методом реалізації; за предметною областю; за призначенням; за рівнем інтерактивності; за способом представлення результатів.

Основна мета КМК СОУ – створення інструментарію для моделювання різних процесів і явищ, що дозволяє проводити експерименти, аналізувати результати та вдосконалювати управлінські рішення без необхідності втручання в реальні об'єкти.

Основні принципи побудови КМК: модульність; масштабованість; гнучкість та адаптивність; інтегрованість; надійність, відмовостійкість та живучість; безпека; користувацька зручність; стандартизація та документованість.

Наведено базові теоретичні підходи, що мають застосовуватися до побудови КМК, як моделей складних СОУ, зокрема: системний підхід; системний аналіз; модельний підхід; теоретико–множинний підхід.

Відповідно до теоретико–множинного підходу формальну модель КМК можна представити наступним чином:

$$M = \langle T, X, Y, Z, z(t), P \rangle,$$

де T – модельний час;

X, Y – множина відповідно вхідних та вихідних змінних;

Z – простір станів моделі;

$z(t)$ – функція станів, $t \in T$;

P – множина процесів, яка визначається як множина впорядкованих у часі пар елементів $\langle x, z[\tau, t] \rangle$, де $t \in T$, а τ – початковий момент модельного часу для процесу $p \in P$.

Таке визначення задає модель системи у вигляді схеми процесів, у якій множини процесів можуть існувати паралельно в модельному часі T .

Розглянуто методи та технології розподіленого імітаційного моделювання, які широко використовуються в практиці проєктування та дослідження складних систем, що потребують великих обсягів моделювання.

Досліджено стан розвитку та створення КМК спеціального призначення в Україні. Не зважаючи на вагомий внесок вітчизняних науковців, велика кількість проблем, пов'язаних із теорією і практикою моделювання процесів функціонування АСОУ військового призначення із застосуванням КМК в інтересах ЗС України залишаються невирішеними, що обумовлює необхідність їх розв'язання та подальшого розвитку, особливо в сучасних умовах.

Визначено основні проблеми, що виникають при створенні КМК, а саме: технічні (складність інтеграції, обмежена масштабованість, низька сумісність компонентів); методологічні (недостатня точність моделей, складність валідації, одновимірність підходів); організаційні (опір змінам; кваліфікація персоналу; брак людських ресурсів); безпекові (вразливість до кіберзагроз, конфіденційність інформації) та економічні (фінансові витрати).

Таким чином, дослідження підтверджує, що успішне формування КМК СОУ вимагає застосування підходів та методів, що враховують різноманітні аспекти розроблення, впровадження та застосування таких систем.

У третьому розділі «Розроблення методів формування комп'ютерних моделюючих комплексів систем організаційного управління» запропоновано, досліджено та обґрунтовано методи формування КМК СОУ.

Проведені дослідження показали, що сучасні підходи до формування КМК СОУ значно різняться залежно від специфіки предметної області, вимог до системи та технічних можливостей, а сам процес формування КМК СОУ характеризується певними складнощами: проблема інтеграції з іншими системами, обмежена

масштабованість, низька адаптивність до змін в організаційному середовищі тощо.

В дисертаційній роботі розглянуто та запропоновано базові методи побудови та формування КМК (модульний, інтеграційний і сценарний), вибір яких обумовлено їх застосуванням і апробацією на практиці, що дозволяє рекомендувати їх для розроблення моделюючих комплексів СОУ у різних предметних галузях. Запропоновано нові, комбіновані, методи: модульно- інтеграційний, модульно-сценарний та модульно-інтеграційно-сценарний, які розширюють можливості зазначених базових підходів і використовують їх переваги, поєднуючи динамічну модульну архітектуру з інтеграційною компонентою та адаптивним сценарним управлінням, що дозволяє аналізувати альтернативні варіанти розвитку подій в СОУ.

1. Модульний метод. Модульний метод – це метод побудови КМК СОУ із використанням модулів, які за певними правилами та принципами поєднуються в загальну систему чи доповнюють один одного. Модульність є вимогою побудови сучасних систем – на відміну від застарілого підходу щодо створення «монолітних» систем. Модульний метод, що забезпечує гнучкість та масштабованість системи та дозволяє легко додавати нові модулі, змінювати існуючі та адаптувати систему до змін у зовнішньому середовищі, є основною для формування КМК.

Розглянуто сервіс-орієнтовану архітектуру SOA (*Service-oriented architecture*), як модульний підхід до розроблення програмного забезпечення, що базується на використанні сервісів (служб) зі стандартизованими інтерфейсами.

Математична модель КМК СОУ, побудованого із застосуванням модульного методу представляється наступним чином:

1. Загальна структура КМК

КМК складається з N підсистем, кожна з яких призначена для автоматизації певної сфери діяльності і має визначену функціональність. Тоді модель КМК на рівні підсистем можна представити множиною:

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_N\},$$

де S_i – i -та підсистема ($i = 1, 2, \dots, N$).

2. Структура підсистеми

Кожна підсистема S_i включає M_i автоматизованих робочих місць (АРМ) користувачів. Множина АРМ для i -ої підсистеми представляється як:

$$A_i = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{iM_i}\}.$$

Таким чином, структура всієї системи на рівні АРМ може бути представлена як:

$$A = \bigcup_{i=1}^N A_i.$$

3. Функціональні комплекси задач

Кожне АРМ A_{ij} включає певний набір функціональних комплексів задач, які позначимо як F_{ij} . Множина функціональних комплексів для системи в цілому:

$$F = \bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^{M_i} F_{ij}$$

4. Функціональні задачі

Функціональний комплекс задач F_{ij} включає K_{ij} функціональних задач. Множина функціональних задач для k -го комплексу виглядає так:

$$T_{ij} = \{T_{ij1}, T_{ij2}, \dots, T_{ijK_{ij}}\}.$$

Вся система функціональних задач може бути представлена як:

$$T = \bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^{M_i} \bigcup_{k=1}^{K_{ij}} T_{ijk}.$$

5. Формалізація взаємозв'язків

а) Ієрархія рівнів:

$$S \supset A \supset F \supset T.$$

б) Функціональні залежності:

Взаємодія між модулями описується через відображення функцій f_{ij} , де:

$$f_{ij}: F_{ij} \rightarrow T_{ij}.$$

с) Інформаційні потоки:

Інформаційні потоки між модулями задаються матрицею зв'язків C , де елемент c_{uv} визначає передачу даних між модулями u і v :

$$C = [c_{uv}], c_{uv} \in \{0,1\}.$$

6. Узагальнена модель

КМК, побудований за модульним методом, можна представити як: $KMK = (S, A, F, T, f_{ij}, C)$, де кожна складова відповідає певному рівню ієрархії та має визначену функціональність.

Застосування модульного методу побудови КМК забезпечує можливість: формування КМК як сукупності підсистем; кожної підсистеми – як сукупності відповідних АРМ; кожного АРМ – як

сукупності окремих функціональних комплексів; кожного функціонального комплексу – як сукупності відповідних ФЗ, з визначенням повноважень і прав доступу користувачів АРМ до інформаційних ресурсів КМК. Таким чином, задача формування КМК, побудованого за модульним методом, полягає у створенні такої конфігурації $KMK = (S, A, F, T, f_{ij}, C)$, сукупність елементів якої забезпечує виконання цільової функції СОУ в залежності від поставленого завдання (сценарію) моделювання.

2. Інтеграційний метод. Основна мета методу полягає в тому, щоб різні інформаційні системи та додатки працювали разом як єдина, гармонійна система, що дозволяє обмінюватися даними та ресурсами, тобто інтегрувати їх у *єдиний інформаційний простір*. Під інтеграцією в єдиний інформаційний простір (ЄІП) розуміється підхід до об'єднання різних інформаційних систем та джерел даних в єдину екосистему з метою забезпечення взаємодії між системами та удосконалення управління.

Необхідність інтеграції різнорідних систем розглядається на прикладі створення перспективної АСОУ спеціального призначення, що є актуальною проблемою для нашої країни в сучасних умовах.

Дослідження показали, що автоматизація процесів управління Збройними силами України (ЗСУ) історично відбувалася за двома напрямками: перший полягає у розбудові і застосуванні АСУ, що автоматизують діяльність органів управління та посадових осіб різних рівнів управління за *окремими напрямками діяльності*; інший - у створенні системи управління (*системи систем*), яка мала об'єднати системи стратегічного керівництва ЗСУ та системи управління силами і засобами на оперативному і тактичному рівнях при виконанні всієї сукупності задач ЗСУ, від управління оборонними ресурсами і до бойового управління.

Перший підхід (так звана «клаптикова автоматизація») призвів до створення та наявності великої кількості автономних автоматизованих систем та програмних додатків, які мають власні джерела інформації, своє функціональне наповнення, алгоритми обробки та представлення даних, але майже не обмінюються ними і не взаємодіють із-за відсутності сумісності між собою.

Задача аналізу наявності інформаційного та функціонального підґрунтя для інтеграції в єдину систему кожної з таких складових, а також задача пошуку способів інтеграції існуючих автоматизованих систем в єдину автоматизовану СОУ можуть бути вирішені шляхом

модельовання їх на КМК. Наведемо схему та математичний опис представлення елементів перспективної АСОУ ЗСУ різних рівнів управління (стратегічного, оперативного та тактичного) в КМК (рис. 1).

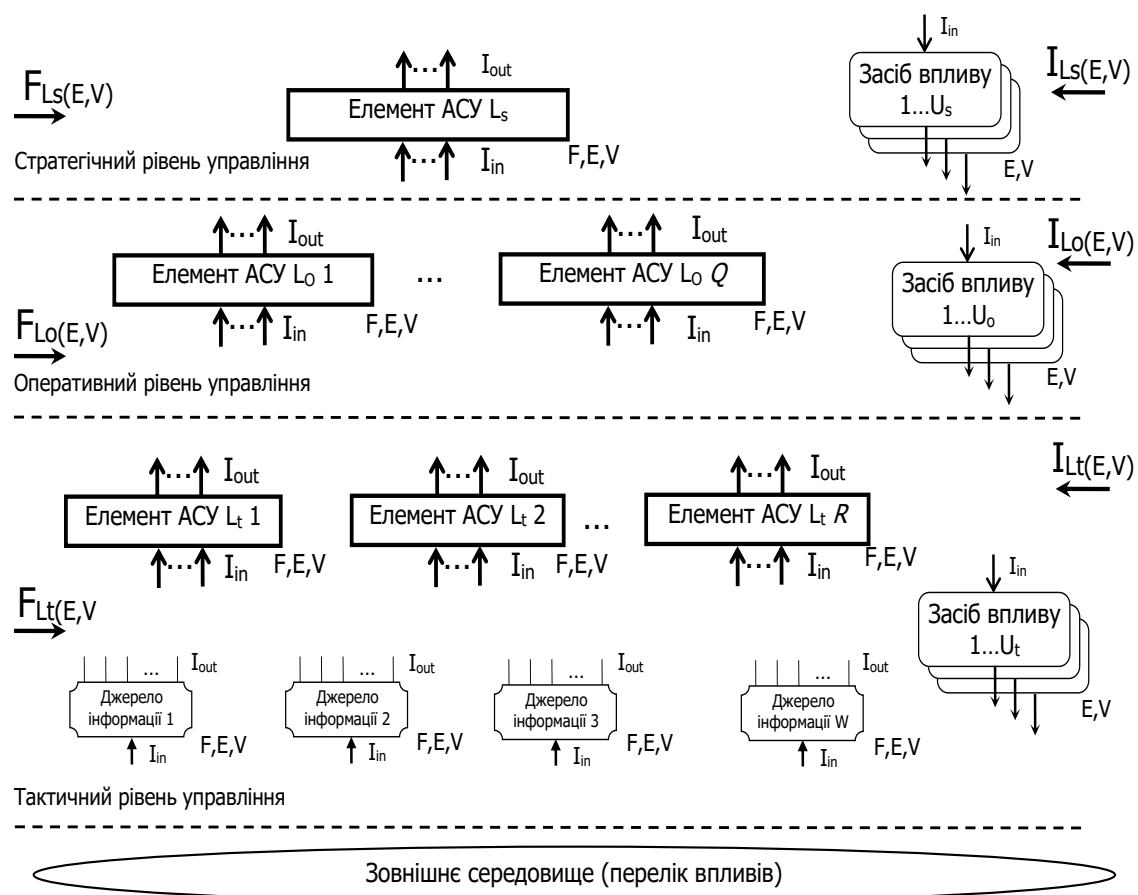


Рисунок 1 – Представлення елементів АСОУ різних рівнів управління в КМК

Кожний елемент СОУ, що вирішує задачі управління будь-якого рівня, у КМК описується множиною параметрів:

$$C = \{I_{in}, I_{out}, F, E, V, L\},$$

де $I_{in} = \{I_{in1}, I_{in2}, \dots, I_{in n}\}$ – множина вхідних параметрів;

$I_{out} = \{I_{out1}, I_{out2}, \dots, I_{out m}\}$ – множина вихідних параметрів;

$F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ – множина функцій (задач), які реалізуються елементом;

$E = \{\text{«повітряна»}=[0,1], \text{«наземна»}=[0,1], \text{«надводна»}=[0,1], \text{«підводна»}=[0,1]\}$ – частина навколишнього простору (середовище), де елемент реалізує свої функції;

V – «робоча область», обсяги території, у межах яких елемент здатен реалізовувати свої функції у середовищі E , та перелік обмежень, в рамках яких виконуються функції F із заданою якістю;

$L = \{\langle t \rangle, \langle o \rangle, \langle s \rangle\}$ – рівень управління, до якого належить елемент.

Джерела інформації СОУ описуються тією ж множиною параметрів:

$$D = \{I_{in}, I_{out}, F, E, V, L\}.$$

Засоби впливу на зовнішнє середовище описуються наступним чином:

$$U = \{I_{in}, F, E, V, L\}.$$

Підходи до інтеграції

Існує багато підходів до інтеграції інформаційних систем, серед яких можна виділити наступні: API (Application Programming Interface) та веб-служби; Проміжне програмне забезпечення (Middleware); ETL (Extract, Transform, Load); ELT (Extract, Load, Transform); EAI (Enterprise Applications Integration); Message Queues; Інтегровані платформи; Стандарти та протоколи (SOAP, REST, XML, JSON), що можуть спростити інтеграцію між системами.

У дисертаційній роботі докладно розглянуто технології інтеграції ETL та ELT, як підходи, що вже апробовані на практиці (ETL), або передбачаються (ELT) для реалізації інтеграційного методу при формуванні оперативної частини інформаційного ресурсу КМК зовнішніми джерелами інформації. Розглянуто інструментарій управління процесами інтеграції даних та управління конвеєрами даних. Показана необхідність дотримання стандартів, в тому числі стандартів НАТО, при формуванні КМК спеціального призначення.

3. Сценарний метод. Сценарний метод – це підхід до побудови КМК, який передбачає розроблення, аналіз та оцінювання альтернативних сценаріїв функціонування або розвитку СОУ в умовах багатоваріантності зовнішнього та внутрішнього середовища. Цей метод дозволяє досліджувати реакцію системи на зміни факторів, що впливають на її функціонування, та приймати рішення, засновані на оцінці можливих наслідків реалізації сценаріїв.

Формування КМК базується на описі поведінки системи через набір сценаріїв - послідовностей подій, станів та реакцій системи; кожен сценарій реалізує окрему модель подій або поведінки системи. Сценарний метод формування КМК, крім того, забезпечує можливість варіативності задач, які можуть відпрацьовуватися на КМК - як з метою апробації проектних рішень щодо створення СОУ, так і для раціонального використання обмежених ресурсів КМК.

Сценарій складається з наступних елементів: мета сценарію; завдання, процеси, що відпрацьовуються; операції, які виконуються (кроки сценарію); зміст дій учасників на кожному кроці сценарію; ресурси (учасники сценарію, задіяні бази даних/бази знань, технічні та програмні засоби); умови виконання та обмеження операцій сценарію; посилання на розділи проєктної документації, що роз'яснюють зміст кроку сценарію; посилання на екранні форми, що ілюструють зміст дій учасників сценарію.

Формування КМК та моделювання сценарію

Формування КМК виконується згідно заданого сценарію шляхом конфігурування програмно-технічних засобів КМК (склад КМК відповідає масштабу завдання, яке є основною сценарію) і налаштування необхідних параметрів для моделювання сценарію. Технологія моделювання сценарію включає наступні етапи: підготовку сценарію S_i до моделювання; визначення переліку підсистем, АРМ та їх функцій для виконання завдання (комплексної задачі); передачу вимог щодо виконання завдання групі адміністрування та управління КМК; формування КМК під заданий сценарій та передачу постановки задачі функціональним підсистемам для реалізації сценарію; відтворення на КМК ситуацій $S_i(t_k)$; реалізацію алгоритмів моделювання та видачу результатів; моніторинг роботи сценарію S_i ; збереження результатів моделювання; аналіз результатів; складання звітної документації за результатами моделювання.

Основні етапи розроблення та реалізації сценарію

Розроблення та реалізація сценаріїв вимагає використання технологій, які забезпечують швидкий доступ до реалізованої функціональності та передбачає відпрацювання наступних етапів: 1) Побудова опису предметної області (ПрО); 2) Формування сценарію; 3) Виконання сценарію. На кожному з етапів вирішується свій перелік задач, що, у свою чергу, визначає функції відповідних компонентів засобів моделювання та задачі, які вони мають вирішувати.

При формуванні сценаріїв пропонується застосовувати інтегровану технологію моделювання сценаріїв, що заснована на графічних методах процесного моделювання та онтологічному аналізі сценаріїв, сформованих у нотації BPMN. Підхід базується на поєднанні переваг візуального моделювання BPMN нотації і семантичного аналізу на базі онтологічної моделі ПрО, яка конвертується в BPMN–модель, та подальшого автоматичного перетворення метаданих BPMN–моделі у

виконавче програмне середовище, що зменшує кількість логічних розривів у комп'ютерній моделі сценарію та час моделювання.

4. Модульно - інтеграційний метод. Базується на поєднанні централізованої логіки управління, притаманної інтеграційному методу, з гнучкою структурою модульного формування. Метод передбачає створення КМК на основі одного обчислювального ядра, з можливістю гнучкого підключення модулів через інформаційну шину. Метод передбачає інтеграцію з зовнішніми джерелами даних і використання бази знань для зберігання моделей і результатів моделювання.

У запропонованій архітектурі всі модулі об'єднані за допомогою уніфікованої системи обміну даними, що може бути реалізована через API, інформаційну шину або інші засоби. Центральний компонент - обчислювальне ядро - виконує логічну координацію, розподіл задач, контроль послідовності та взаємодії. Важливим елементом також є база знань, де накопичується інформація про попередні моделювання, конфігурації модулів та результати аналізу, що забезпечує повторне використання знань і підвищує ефективність майбутніх сеансів моделювання. Інтеграційно-модульний метод може бути застосований для формування КМК складних СОУ, де потрібне одночасне забезпечення централізованого управління та гнучкої структурної побудови, зокрема, для військових та промислових АСОУ.

5. Модульно - сценарний метод. Організовує формування КМК на базі заданих сценаріїв моделювання, які визначають, як взаємодіють функціональні модулі в залежності від завдань, що ставить група прийняття рішень. Цей метод дозволяє легко налаштовувати робочі місця користувачів, змінювати наповнення КМК та зберігати результати в єдиній базі знань для подальшого використання, аналізу і покращення.

Кожен модуль, що реалізує окремі функції, містить набір функціональних задач, які активуються згідно із заданим сценарієм. Сценарії можуть бути описані у вигляді конфігурацій (наприклад, YAML, JSON) або задаватися через графічний редактор. Управління сценаріями здійснює сценарний рушій, що визначає послідовність викликів, умови переходів та логіку реагування на зміну параметрів. Модульно-сценарний метод більш доцільно використовувати при формуванні КМК навчальних систем та систем підтримки прийняття рішень.

6. Модульно – інтеграційно - сценарний метод. Метод розширює можливості зазначених базових підходів і використовує їх переваги. Основними архітектурними компонентами КМК, сформованим за цим методом, є: набір незалежних модулів; інтеграційна компонента, що дозволяє використовувати інформаційні та функціональні ресурси інших систем і джерел інформації; бібліотека шаблонів сценаріїв (наприклад, тренувальні, кризові, бойові), сценарний рушій (DSL, YAML, JSON або графічний редактор сценаріїв). Загальна схема застосування модульно-інтеграційно-сценарного методу при формуванні КМК представлена на рис.2.

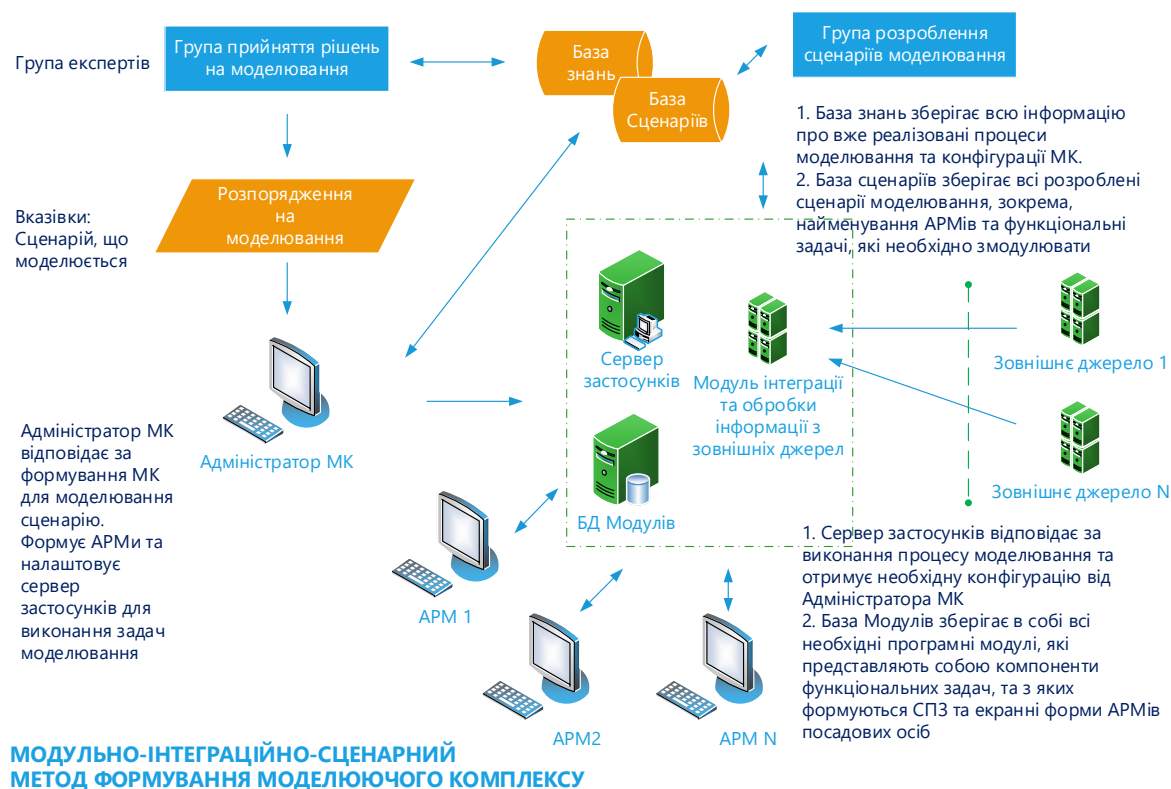


Рисунок 2 – Загальна схема формування КМК комбінованим методом

У четвертому розділі «Проектування та реалізація комп'ютерних моделюючих комплексів систем організаційного управління» представлені приклади практичного застосування методів, що пропонуються у дисертаційній роботі, при створенні КМК, створених в ІПРІ НАН України.

Розглянуто два із них: Моделюючий комплекс автоматизованої системи управління авіаційним комплексом (МК АСУ АК) та Моделюючий комплекс для створення АСУ силами і засобами Збройних сил України, що інтегрує в єдиний інформаційно–

функціональний контур органи управління стратегічного, оперативного і тактичного рівнів (МК АСУ СЗ ЗСУ).

При розробленні та створенні цих МК були застосовані різні підходи, обумовлені наявним станом автоматизації об'єктів управління, специфікою сфери застосування та вимогами Технічних завдань: перший проектувався «з 0», за відсутності будь-яких готових рішень з автоматизації процесу управління АК, і, по суті, є прообразом АСУ АК; другий мав на меті моделювання інтеграції як вже готових, так і перспективних систем та рішень щодо автоматизації окремих складових системи управління ЗС України в єдиний інформаційно-функціональний контур, враховуючи наявність «клаптикової» автоматизації окремих видів діяльності ЗСУ.

1. Моделюючий комплекс автоматизованої системи управління авіаційним комплексом – МК АСУ АК

Загальні вимоги, які пред'являлися до МК АСУ АК: реалізація функціональних задач (ФЗ) *повного циклу управління АК*; можливість генерації необхідного АРМ на будь-якій робочій станції МК; наочний інтерфейс взаємодії користувачів з АРМ; забезпечення необхідної реакції системи на запити користувачів в режимі реального часу; надійність функціонування, швидке відновлення працездатності у гарячому режимі; можливість колективного доступу до інформації; можливість змін та налаштування на нові функціональні задачі; технологічність експлуатації та супроводу.

При створенні МК АСУ АК були поєднані модульний та сценарний методи (модульно-сценарний метод).

Модульний метод. Застосування модульного методу формування МК АСУ АК забезпечило можливість формування МК як сукупності підсистем і відповідних АРМ; кожного АРМ – як сукупності модулів реалізації окремих функцій і відповідних ФЗ. Це дозволяє: формувати будь-яку конфігурацію МК і АРМ, щоб забезпечити потреби користувача; додавати та підключати нові модулі, що забезпечує гнучкість та масштабованість МК АСУ АК; поетапно розробляти та нарощувати функціональність системи.

У складі МК АСУ АК створено 4 *функціональні підсистеми*, що забезпечують автоматизацію всіх рівнів управління АК. Крім того, до складу МК АСУ АК входять *забезпечуючі підсистеми*: підсистема імітації – для імітації польотів своїх літальних апаратів в ближній й дальній зонах та імітації дій повітряних об'єктів противника; підсистема адміністрування та управління функціонуванням МК.

Сценарний метод. Сценарний метод дозволяє формувати МК АСУ АК для моделювання обраного процесу управління АК у відповідній конфігурації та відтворювати заданий процес управління засобами МК. На рисунку 3, як приклад, представлено екранні форми вирішення деяких функціональних задач на АРМ Командно-диспетчерського пункту (КДП) при реалізації сценарію «Виконання Планової таблиці польотів».

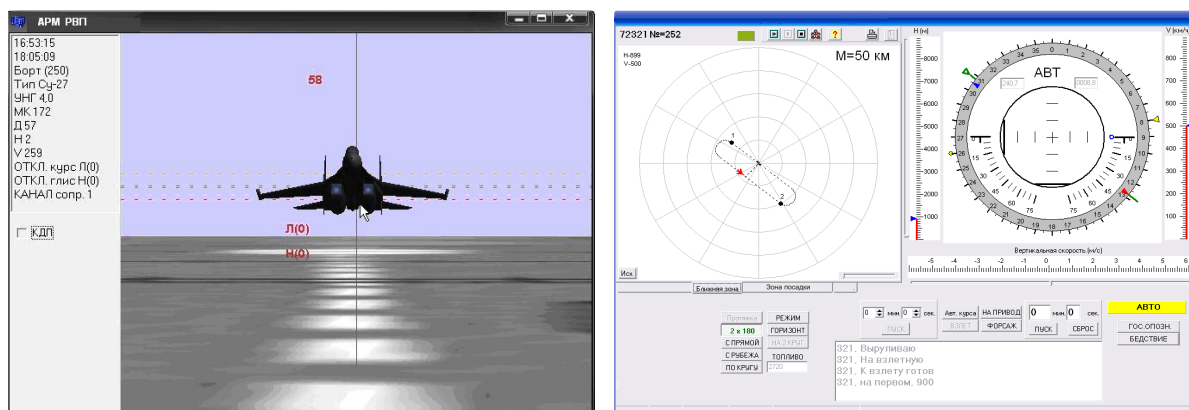


Рисунок 3 – Екранні форми виконання ФЗ на АРМ КДП

2. Моделюючий комплекс для створення АСУ силами і засобами Збройних сил України, що інтегрує в єдиний інформаційно-функціональний контур органи управління стратегічного, оперативного і тактичного рівнів - МК АСУ СЗ ЗСУ

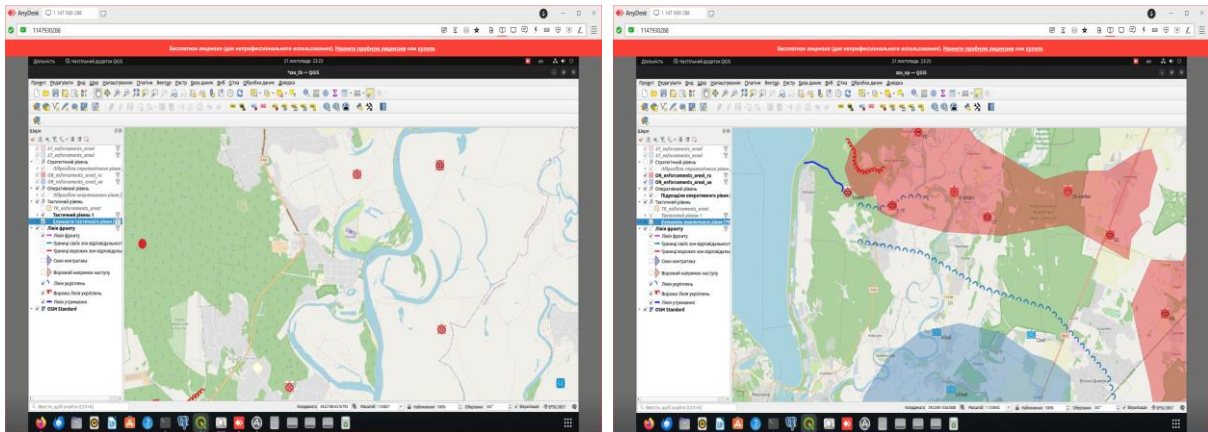
Актуальність створення МК обумовлена наявним станом автоматизації ЗС України та необхідністю вироблення і відпрацювання рішень щодо створення, на базі об'єднання інформаційних та функціональних можливостей існуючих і майбутніх систем, перспективної сучасної АСУ СЗ ЗСУ.

При створенні МК АСУ СЗ ЗСУ були застосовані модульний, інтеграційний та сценарний методи (модульно-інтеграційно-сценарний метод).

Модульний метод забезпечив можливості формування будь-якої конфігурації МК і АРМ на базі існуючих модулів, додавання та підключення нових модулів, поетапне розроблення та нарощування функціональності системи.

Інтеграційний метод дозволив дослідити процес створення прототипу майбутнього єдиного інформаційного простору АСУ СЗ ЗСУ шляхом об'єднання даних із різних джерел в єдине уніфіковане подання.

Сценарний метод був застосований для дослідження, аналізу, оцінки та демонстрації запропонованих рішень. Розроблено сценарій моделювання «Формування та відображення обстановки шляхом інтеграції інформації, отриманої від різних систем», що ілюструє процес функціонування МК АСУ СЗ ЗСУ при відпрацюванні управлінських і технологічних рішень щодо трирівневого розподіленого автоматизованого збору, перетворення, передачі, зберігання та відображення інформації, яка циркулює в органах управління стратегічної, оперативної та тактичної ланки системи управління угрупованням військ (сил) (рис. 4, 5).

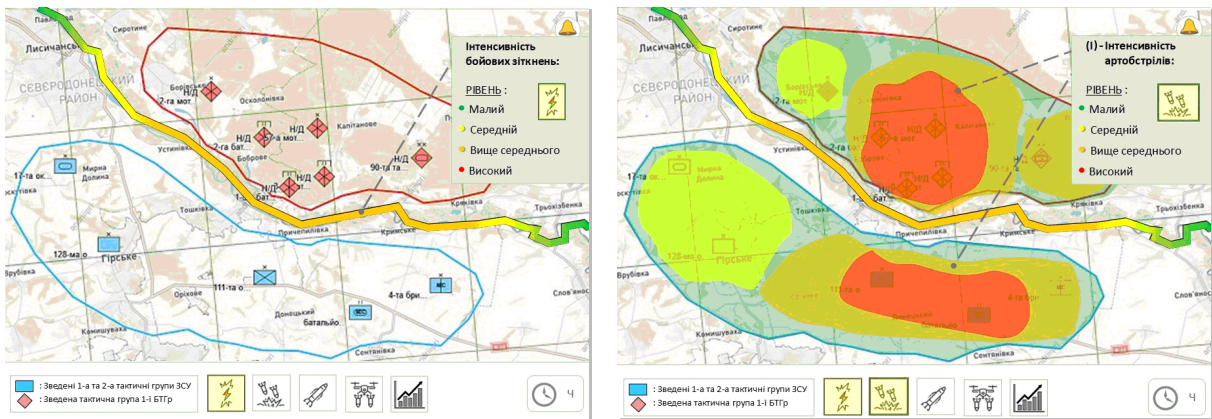


а)

б)

Рисунок 4 - Відображення обстановки на АРМ:

а) тактичного рівня; б) оперативного рівня



а)

б)

Рисунок 5 – Відображення: а) лінії бойового зіткнення на момент часу «Ч»;

б) інтенсивності артобстрілів на момент часу «Ч»

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне науково-прикладне завдання з розробки методів формування комп'ютерних моделюючих комплексів систем організаційного управління що дозволило вирішити низку наукових і практичних завдань, спрямованих на вдосконалення методів і засобів моделювання для вдосконалення процесів організаційного управління.

При цьому отримано наукові та практичні результати:

1. Проведено дослідження та аналіз існуючих підходів до моделювання складних систем, що включають різноманітні методи та інструменти; виконано аналіз СОУ, як об'єктів моделювання; розглянуто особливості комп'ютерних моделей та етапи їх створення.
2. Визначено основні поняття, наведена класифікація комп'ютерних моделюючих комплексів (КМК), на основі базових методів формування КМК СОУ: модульного, інтеграційного та сценарного, розглянуто та визначено основні принципи побудови КМК; наведено базові теоретичні підходи, що застосовуються до побудови КМК; досліджено стан розвитку та створення КМК спеціального призначення в Україні; виявлено основні проблеми, що виникають при створенні КМК.
3. Вперше розроблено модульно - інтеграційний метод, який передбачає інтеграцію з зовнішніми джерелами даних і використання бази знань, де накопичується інформація про попередні моделювання, конфігурації модулів та результати аналізу, що забезпечує повторне використання знань і підвищує ефективність майбутніх сеансів моделювання.
4. Вперше розроблено модульно - сценарний метод формування КМК, який організовує формування КМК на базі заданих сценаріїв моделювання, які визначають, як взаємодіють функціональні модулі в залежності від завдань, що ставить група прийняття рішень.
5. Вперше розроблено модульно - інтеграційно - сценарний метод, який розширює можливості зазначених базових підходів і використовує їх переваги.
6. Для реалізації запропонованих методів розроблено та апробовано: автоматизоване налаштування конфігурації КМК; архітектурну концепцію із вбудованою базою знань КМК, що забезпечує гнучкість, масштабованість та інтеграцію з сучасними інформаційними технологіями; програмне забезпечення, що забезпечує реалізацію запропонованих методів формування КМК, моделей та алгоритмів вирішення задач СОУ.

7. Розроблені методи були реалізовані, впроваджені та протестовані при створенні реальних КМК, а саме «Моделюючий комплекс автоматизованої системи управління авіаційним комплексом (МК АСУ АК)», «Моделюючий комплекс командної системи управління корабельним з'єднанням – МК КСУ КЗ», «Моделюючий комплекс для створення АСУ силами і засобами Збройних сил України, що інтегрує в єдиний інформаційно–функціональний контур органи управління стратегічного, оперативного і тактичного рівнів (МК АСУ СЗ ЗСУ)».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, у яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Додонов Є.О., Додонов О.Г., Кузьмичов А.І. Моделювання та візуалізація максимальних багатопродуктових потоків у мережі // Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2018. Т. 20. № 2. С. 52 – 59. DOI: <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2018.20.2.142911> ISSN 1560.
2. Додонов Є.О., Додонов О.Г., Кузьмичов А.І. Моделювання та візуалізація узагальнених задач про потоки мінімальної вартості // Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2018. Т. 20. № 3. С. 121 – 130. DOI: <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2018.20.3.158489> ISSN 1560-9189.
3. Додонов Є.О., Додонов О.Г., Кузьмичов А.І. Пошук компромісних організаційних рішень засобами багатокритеріальної оптимізації // Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2019. Т. 21. № 4. С. 13 – 27. DOI: <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2019.21.4.199243> ISSN 1560-9189
4. Додонов О. Г., Путятін В. Г., Куценко С. А., Сенченко В. Р., Додонов Є. О. Застосування сценарного підходу при розробці управлінських рішень (на прикладі сценарію управління корабельним з'єднанням) // Реєстрація, зберігання і обробка даних, Data Recording, storage and processing 2022. Т. 24. № 2. С. 24–42. DOI: <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2022.24.2.275024> ISSN 1560-9189.
5. Додонов Є.О. Мережева електронно–таблична модель транспортної задачі із проміжними пунктами // Математичні машини і системи. 2018. № 3. С.135 – 141. ISSN 1028-9763 <https://nasplib.isofts.kiev.ua/handle/123456789/150649>.
6. Додонов Є.О., Кузьмичов А.І. Оптимізаційні моделі реконфігурації

мережевих структур // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2017. Т. 19, №2. С. 24 – 35. DOI: <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2017.19.2.126529> ISSN 1560-9189.

7. Dodonov, I. (2025). Fundamental Approaches to the Development of Computer Modeling Complexes. International Science Journal of Engineering & Agriculture, 4(3):1-14, <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20250403.01> ISSN: 2720-6319 (EU).

Праці апробаційного характеру:

8. Додонов Є.О. Методологія DEA. Оптимальне оцінювання однорідних структурних одиниць // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової наукової конференції, ІПРІ НАН України, 2018.

9. Додонов Є.О. Побудова сучасних автоматизованих систем управління підвищеної живучості. // Реєстрація, зберігання і обробка даних, Збірник “Реєстрація, зберігання і обробка даних”: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової конференції 15–16 травня 2019 року, 2019.

10. Додонов Є.О. Підхід до оцінювання живучості складних організаційно– технічних систем різного призначення. // *Реєстрація, зберігання і обробка даних*: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової наук. конф. 27 вересня 2020 року. НАН України. Ін–т проблем реєстрації інформації. К.:ІПРІ НАН України, 2020. С. 62 – 65.

11. Додонов Є.О. Методи підвищення живучості інформаційної комунікаційної мережі. *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. Щорічна підсумкова наукова конференція 18–19 травня 2021 року, Київ. С. 67 – 69.

12. Додонов Є.О., Кузьмичов А.І. Модель оптимізаційної задачі захисту мережевих структур із врахуванням обмежених ресурсів та її застосування/ *Реєстрація, зберігання і обробка даних*: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової наукової конференції 28–29 вересня 2022 року / НАН України. Інститут проблем реєстрації інформації. – К: ІПРІ НАН України, 2022. С. 63.

13. Никифоров О.В., Путятін В.Г., Додонов Є.О. Моделювання інформаційної безпеки територіально–розподілених інформаційних комп'ютерних систем *Реєстрація, зберігання і обробка даних*: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової конференції 27 – 28 вересня 2023 року / НАН України, Інститут проблем реєстрації інформації / відпов. ред. В.В. Петров.– К.: ІПРІ НАН України, 2023. С.

56 – 58.

14. Додонов Є.О. Створення інтеграційної платформи у єдиному інформаційному просторі: нова ера взаємодії між різнорідними системами та об'єднання сил для зміцнення ефективності *Реєстрація, зберігання і обробка даних*: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової конференції 26 – 28 вересня 2023 року /.– К.: ІПРІ НАН України, 2023. С. 70 – 71.

15. Додонов Є.О. Методи формування моделюючого комплексу системи організаційного управління *Реєстрація, зберігання і обробка даних*: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової конференції 18 вересня 2024 року / НАН України, Інститут проблем реєстрації інформації / відпов. ред. В.В. Петров.– К.: ІПРІ НАН України, 2024. С. 65 – 66.

16. Додонов Є.О., Кузьмичов А.І. Моделювання та візуалізація максимальних багатопродуктових потоків у мережі // *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. Щорічна підсумкова наукова конференція 26–27 травня 2018 року: збірник / за ред. В.В. Петрова. Київ: ІПРІ НАН України, 2018. С. 77 – 79.

17. Додонов Є.О. Автоматизована система управління роєм дронів // *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. Щорічна підсумкова наукова конференція 17–18 травня 2017 року: збірник / за ред. В.В. Петрова. Київ: ІПРІ НАН України, 2017. С. 113 – 115.

18. Додонов Є.О. Контент–моніторинг як інструмент конкурентної розвідки на прикладі аналізу процесів злиття та поглинання // *Інформаційні технології та безпека*. Матеріали Міжнародної наукової конференції ІТБ–2015. Київ: ІПРІ НАНУ, 2015. В. 15. – С. 84 – 89.

19. Додонов Є.О. Інформаційні ресурси Інтернету як джерела інформації для конкурентної розвідки // *Реєстрація, зберігання і обробка даних*: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової наукової конференції 26 – 27 травня 2015 року – К.: ІПРІ НАН України, 2015. – С. 77 – 79.

АНОТАЦІЯ

Додонов Є.О. Методи формування комп'ютерних моделюючих комплексів систем організаційного управління. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. – Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ, 2025.

Дисертаційна робота спрямована на дослідження та розв'язання актуальної науково–технічної проблеми, що полягає у розробленні теоретичних, методологічних та практичних засад створення складних територіально–розподілених автоматизованих систем організаційного управління (АСОУ).

Розглянуто процеси побудови, застосування та розвитку комп'ютерних моделюючих комплексів (КМК), призначених для дослідження, розроблення та відпрацювання основних проєктних рішень щодо створення АСОУ, що діють у різних сферах, зокрема, у військовій.

У роботі вперше запропоновано та реалізовано інноваційні методи формування КМК, що враховують специфіку організаційного управління, дозволяють вдосконалити управлінські процеси і швидко реагувати на зміни в зовнішньому середовищі та внутрішніх процесах організації, наведені приклади реалізації запропонованих методів при формуванні КМК.

Практична значимість дослідження полягає у можливості застосування методів, що пропонуються, для формування КМК, як моделюючого середовища і технологічної платформи для створення/модернізації АСОУ різного призначення.

Ключові слова: комп'ютерний моделюючий комплекс, системи організаційного управління, моделювання, інтеграція, інформаційні технології, автоматизація, прийняття рішень, модульність, сценарій.

ABSTRACT

Dodonov Ievgenii. Methods for Forming Computer Modeling Complexes for Organizational Management Systems. – As the manuscript.

Thesis for technical sciences candidate degree in specialty 05.13.05 – Computer Systems and Components. – Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2025.

The dissertation focuses on studying and addressing a pressing scientific and technical challenge - the development of theoretical, methodological, and practical foundations for creating complex, geographically distributed automated systems for organizational management (ASOM).

The processes of construction, application and development of computer modeling complexes (CMC) intended for research, development and testing of basic design solutions for the creation of ASOM operating in various spheres, in particular, in the military, are considered.

The work proposes innovative methods for the formation of CMC, which consider the specifics of organizational management, allow improving management processes and quickly responding to changes in the external environment and internal processes of the organization, examples of the implementation of the proposed methods in the formation of CMC are given.

The practical significance of the study lies in the possibility of applying the proposed methods for the formation of CMC as a modeling environment and technological platform for the creation/modernization of ASOM for various purposes.

Keywords: computer modeling complex, organizational management systems, modeling, integration, information technologies, automation, decision-making, modularity, scenario.