

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ**

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

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

ДОДОНОВ ЄВГЕНІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 004.94

ДИСЕРТАЦІЯ

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

Спеціальність 05.13.05 – «Комп'ютерні системи та компоненти»
(технічні науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Є.О. Додонов

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор

ЧЕМЕРИС Олександр Анатолійович

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Додонов Є.О. Методи формування комп'ютерних моделюючих комплексів систем організаційного управління. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – «Комп'ютерні системи та компоненти» (технічні науки). – Інститут проблем реєстрації інформації Національної академії наук України, Київ, 2025; Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук 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).

У роботі розглянуто процеси побудови, застосування та розвитку комп'ютерного моделюючого комплексу (КМК), як моделюючого середовища і технологічної платформи для дослідження, розроблення та відпрацювання основних проєктних рішень щодо створення АСОУ різного призначення, зокрема, в оборонній сфері.

Доцільність застосування КМК для створення АСОУ обумовлено наступним:

- сучасні організації стикаються з комплексними викликами, а саме: необхідність адаптації до нових технологій, глобалізація та зростаюча конкуренція. КМК дозволяють відпрацьовувати сучасні технології, створювати та аналізувати різні сценарії функціонування та розвитку системи для прийняття обґрунтованих управлінських рішень;

- швидкий розвиток інформаційних технологій відкриває нові можливості для вдосконалення процесів організаційного управління. Апробація цих технологій на КМК дозволяє обирати потрібні рішення;

- організації постійно шукають шляхи оптимізації своїх процесів, зниження витрат та підвищення продуктивності. КМК надають інструменти для моделювання, аналізу та оптимізації бізнес–процесів;

- сучасні організації мають доступ до великої кількості різнорідних даних, які необхідно обробляти та аналізувати для прийняття управлінських рішень. КМК забезпечують напрацювання та вибір рішень щодо інтеграції різнорідних даних та виявлення ключових тенденцій і залежностей;

- моделювання дозволяє точніше прогнозувати результати управлінських рішень та мінімізувати ризики. Це особливо важливо у складних і динамічних умовах сучасного бізнесу.

Таким чином, вибір і апробація практично придатних формалізованих методів забезпечення процесів прийняття рішень з високою оперативністю їх напрацювання, простотою і зручністю використання, наочністю представлення результатів управління потребує створення комп'ютерного моделюючого комплексу, який має забезпечити адекватне моделювання процесів управління з урахуванням наявної системи підпорядкованості та взаємодії між керуючими елементами СОУ.

У дисертаційній роботі розглянуто процеси побудови, застосування та розвитку 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.

Ці нові знання та підходи сприятимуть розвитку теорії та практики організаційного управління та зростанню результативності діяльності організацій шляхом:

- *вдосконалення управління*: використання розроблених методів та моделей дозволяє значно підвищити дієвість управлінських процесів за рахунок більш точного аналізу та прогнозування; КМК допомагають оптимізувати бізнес-процеси, що веде до зниження витрат та підвищення продуктивності;

- *поліпшення якості прийняття рішень*: можливість моделювання різних сценаріїв забезпечує вибір та прийняття більш обґрунтованих та ефективних рішень; запропоновані методи знижують ризики та підвищують точність прогнозування результатів управлінських рішень;

- *адаптивності до змін*: розроблені методи та моделі дозволяють швидко адаптувати управлінські стратегії до змін в зовнішньому та внутрішньому середовищі організації, що сприяє підвищенню гнучкості та конкурентоспроможності організацій.

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, візуалізація даних, модульність, сценарій.

ABSTRACT

Ievgenii Dodonov. Methods for Forming Computer Modeling Complexes for Organizational Management Systems. – Qualification scientific work (manuscript).

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.13.05 – «Computer Systems and Components» (technical sciences). – Institute of Information Registration Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2025; G.E. 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 paper considers the processes of building, applying and developing a computer modeling complex (CMC) as a modeling environment and technological platform for research, development and testing of basic design solutions for the creation of ASOM for various purposes, in particular, in the defense sector.

The feasibility of using CMC to create ASOM is due to the following:

- modern organizations face complex challenges, namely: the need to adapt to new technologies, globalization and growing competition. CMC allow to work out modern technologies, create and analyze various scenarios of the functioning and development of the system for making informed management decisions;
- the rapid development of information technologies opens up new opportunities for improving organizational management processes. Testing these technologies on CMC allows you to choose the right solutions;
- organizations are constantly looking for ways to optimize their processes, reduce costs and increase productivity. CMC provide tools for modeling, analyzing and optimizing business processes;

- modern organizations have access to a large amount of heterogeneous data that must be processed and analyzed to make management decisions. CMC provide development and selection of solutions for integrating heterogeneous data and identifying key trends and dependencies;

- modeling allows for more accurate prediction of the results of management decisions and minimizing risks. This is especially important in the complex and dynamic conditions of modern business.

Thus, the selection and testing of practically suitable formalized methods for ensuring decision-making processes with high efficiency of their development, simplicity and ease of use, and clarity of presentation of management results requires the creation of a computer modeling complex, which should provide adequate modeling of management processes considering the existing system of subordination and interaction between the control elements of the ASOM.

The dissertation considers the processes of construction, application and development of CMC intended for research, development and testing of basic design solutions for the creation of ASOM operating in various fields, in particular, in the military.

The work first proposes and implements innovative methods for the formation of CMC, which consider the specifics of organizational management, allow improving management processes and quickly respond 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.

These new knowledge and approaches will contribute to the development of the theory and practice of organizational management and will contribute to increasing the effectiveness of organizations by:

- *improving management*: the use of developed methods and models allows significantly increasing the effectiveness of management processes through more accurate analysis and forecasting; computer modeling complexes help optimize business processes, which leads to reduced costs and increased productivity;

– *improving the quality of decision-making*: the ability to model various scenarios ensures the selection and adoption of more informed and effective decisions; the proposed methods reduce risks and increase the accuracy of forecasting the results of management decisions;

– *adaptability to changes*: the developed methods and models allow for rapid adaptation of management strategies to changes in the external and internal environment of the organization, which contributes to increasing the flexibility and competitiveness of organizations.

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

Key words: computer modeling complex, system for organizational management, modeling, integration, information technologies, automation, decision making, data visualization, modularity, script.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ 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 1560-9189
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 мережових 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 різномірними 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.: ІП–РІ НАН України, 2015. – С. 77 – 79.

ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	14
ВСТУП	16
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАЯВНИХ РІШЕНЬ ТА ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ	25
1.1 Сучасний стан досліджень у галузі комп'ютерного моделювання	25
1.2 Існуючі підходи до моделювання складних систем	27
1.3 Системи організаційного управління як об'єкт моделювання	29
1.3.1 Основні поняття та визначення	29
1.3.2 Узагальнена структура системи організаційного управління.....	30
1.3.3 Функції системи організаційного управління.....	33
1.4 Моделювання як метод дослідження та побудови систем організаційного управління	36
1.4.1 Методи моделювання СОУ	36
1.4.2 Комп'ютерне моделювання, види та основні етапи.....	38
1.4.3 Модель як інструмент побудови та модернізації систем	40
1.4.4 Комп'ютерні моделі, етапи їх створення та дослідження	43
Висновки до розділу 1	46
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЮЮЧИХ КОМПЛЕКСІВ	49
2.1 Поняття, класифікація і призначення комп'ютерних моделюючих комплексів	49
2.2 Основні принципи побудови комп'ютерних моделюючих комплексів	51
2.3 Основні підходи до побудови комп'ютерних моделюючих комплексів.....	53
2.3.1 Системний підхід	53
2.3.2 Системний аналіз	55
2.3.3 Модельний підхід.....	56
2.3.4 Теоретико–множинний підхід	58
2.4 Методи розподіленого імітаційного моделювання.....	59
2.5 Дослідження та створення комп'ютерних моделюючих комплексів спеціального призначення в Україні	61

2.6 Існуючі проблеми формування комп'ютерних моделюючих комплексів систем організаційного управління	64
Висновки до розділу 2	65
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЮЮЧИХ КОМПЛЕКСІВ СИСТЕМ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ.....	67
3.1 Модульний метод	68
3.1.1 Функції модульного підходу	68
3.1.2 Сервіс–орієнтована архітектура, як реалізація модульного підходу ...	69
3.1.3 Математичне представлення модульного методу формування комп'ютерного моделюючого комплексу	72
3.2. Інтеграційний метод.....	75
3.2.1 Формалізація задачі розроблення комп'ютерних моделюючих комплексів СОУ, що інтегрують в єдиний інформаційний простір різнорідні складові	76
3.2.2 Математичний опис складових елементів СОУ у КМК	79
3.2.3 Метод інтеграції в єдиний інформаційний простір.....	81
3.3 Сценарний метод	96
3.3.1 Суть сценарного методу.....	96
3.3.2 Технологія моделювання сценаріїв на КМК.....	97
3.3.3 Основні етапи розроблення та реалізації сценаріїв.....	99
3.3.4 Технологія формування сценаріїв на основі графічних методів нотації BPMN та OWL–моделей	100
3.4 Модульно-інтеграційний метод	104
3.5 Модульно-сценарний метод	105
3.6 Модульно-інтеграційно-сценарний метод.....	106
Висновки до розділу 3	108
РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЮЮЧИХ КОМПЛЕКСІВ СИСТЕМ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ.....	112
4.1. Моделюючий комплекс автоматизованої системи управління авіаційним комплексом – МК АСУ АК	112
4.1.1 Основні поняття та визначення	112
4.1.2 Загальні вимоги до МК АСУ АК.....	114

4.1.3 Етапи створення МК АСУ АК.....	114
4.1.4 Система організаційного управління авіаційним комплексом	115
4.1.5 Основні проєктні рішення щодо створення МК АСУ АК.....	120
4.1.6 Основні методи побудови та формування МК АСУ АК	124
4.2. Моделюючий комплекс для створення автоматизованої системи управління силами і засобами ЗСУ, що інтегрує в єдиний інформаційно–функціональний контур органи управління стратегічного, оперативного і тактичного рівнів – МК АСУ СЗ ЗСУ	129
4.2.1 Передумови створення МК АСУ СЗ ЗСУ	129
4.2.2 Призначення МК АСУ СЗ ЗСУ	131
4.2.3 Основні методи побудови та формування МК АСУ СЗ ЗСУ.....	132
Висновки до розділу 4.....	145
ВИСНОВКИ.....	147
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	149
ДОДАТОК А.....	155
ДОДАТОК Б.....	158
ДОДАТОК В.....	164

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

АГ	Авіаційна група
АЕ	Авіаційна ескадрилья
АЗО	Авіаційні засоби озброєння
АК	Авіаційний комплекс
АРМ	Автоматизоване робоче місце
АСОУ	Автоматизована система організаційного управління
АСУ	Автоматизована система управління
АТ	Авіаційна техніка
АТЗ	Авіаційно–технічне забезпечення
АТЗс	Авіаційно–технічні засоби
БД	База даних
ЕОМ	Електронна обчислювальна машина
ЄІП	Єдиний інформаційний простір
ЗС	Збройні Сили
ІАЗ	Інженерно–авіаційне забезпечення
ІМ	Імітаційна модель
ІР	Інформаційний ресурс
КДП	Командно–диспетчерський пункт
ЛА	Літальний апарат
МК	Моделюючий комплекс
ПЗ	Програмне забезпечення
ПП	Предмет постачання
ПТП	Планова таблиця польотів
СОУ	Система організаційного управління
СУБД	Система управління базами даних
ТЗ	Технічні засоби
ТО	Технічне обслуговування

ФЗ	Функціональна задача
ФК	Функціональний комплекс
ФП	Функціональна підсистема
ADEM	Alternate Development and Exchange Method (Альтернативний метод розробки та обміну)
AI	Artificial Intelligence (Штучний інтелект)
API	Application Programming Interfaces (Прикладний програмний інтерфейс)
BPMN	Business Process Model and Notation (Нотація і модель бізнес-процесів)
C4ISR	Command and Control (C2) – Communications – Computers – Intelligence, Surveillance, Reconnaissance (Командування, контроль, зв'язок, комп'ютери, розвідка, спостереження та рекогносрування)
DDS	Data Distribution Service (Служба розподілу даних)
EAI	Enterprise Applications Integration (Інтеграція корпоративних додатків)
ELT	Extract, Load, Transform (Видобуття, Завантаження, Перетворення)
ETL	Extract, Transform, Load (Видобуття, Перетворення, Завантаження)
IoT	Internet of Things (Інтернет речей)
HLA	High Level Architecture (Архітектура високого рівня)
ML	Machine Learning (Машинне навчання)
OWL	Web Ontology Language (Мова опису онтологій для семантичного павутиння)
QoS	Quality of service (Якість обслуговування)
XML	eXtensible Markup Language (Розширювана мова розмітки)
UML	Unified Modeling Language (Універсальна мова моделювання)

ВСТУП

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).

У роботі розглянуто процеси побудови, застосування та розвитку комп'ютерного моделюючого комплексу (КМК), як моделюючої середовища та технологічної платформи для дослідження, розроблення, відпрацювання та інтеграції основних проєктних рішень щодо створення АСОУ різного призначення, зокрема, в оборонній сфері.

Проблемами розроблення систем організаційного управління (підтримки прийняття рішень у конкурентному середовищі) займалися такі вчені як О. Я. Вайнер, Є. С. Вентцель, І. Я. Дінер, Л. М. Куцев, Г. О. Мещеряков, О. М. Растригін Л.А., П. М. Ткаченко, О. Д. Чебікін, В. П. Кравченко, Л. О. Овчаров, Д. А. Новіков. Вагому роль у розвитку теорії і практики організаційного управління зіграли такі вчені, як Акофф Р.Л., Д. Бойд, Г. Х. Гуд, Р. Е. Макол, Месарович М., Мако Д., Такахара І., Джон Ван Гіг, Касті Дж., Марка Д.А., Сааті Т., Хітч Чарлз Дж., Честнат Г., Є. Хові, Емері Ф., Ешбі В.Р.

Значний внесок у розвиток методів дослідження та створення автоматизованих систем управління (АСУ) різних класів, проблемно-орієнтованих комплексів, систем організаційного управління (СОУ) підвищеної живучості, моделюючих комплексів спеціального призначення, ситуаційних центрів, інформаційно-аналітичних систем у сфері оборони, зокрема, систем бойового управління та систем управління оборонними ресурсами, 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 Горбуліним В. П. і Додоновим О. Г.

Актуальність теми дослідження. Сучасні організації стикаються з комплексними викликами, серед яких – необхідність адаптації до нових технологій, глобалізація та зростаюча конкуренція. КМК дозволяють аналізувати різні сценарії та напрацьовувати обґрунтовані управлінські рішення.

Швидкий розвиток інформаційних технологій відкриває нові можливості для подальшої автоматизації та вдосконалення процесів організаційного управління. Апробація цих технологій на КМК дозволяє обирати потрібні рішення.

Організації постійно шукають шляхи оптимізації своїх процесів, зниження витрат та підвищення продуктивності. КМК надають інструменти для моделювання, аналізу та оптимізації бізнес–процесів, що сприяє підвищенню результативності управління.

Моделювання дозволяє точніше прогнозувати результати управлінських рішень та мінімізувати ризики. Це особливо важливо у складних і динамічних умовах сучасного бізнесу.

Організації повинні швидко реагувати на зміни в зовнішньому середовищі. КМК забезпечують гнучкість та можливість швидкої адаптації управлінських стратегій до нових умов.

Ці аспекти підкреслюють важливість та актуальність дослідження методів формування КМК для створення та вдосконалення систем організаційного управління.

Організаційне управління – це багатофазний процес переробки інформації, прийняття рішень, напрацювання і реалізації управлінських дій для досягнення поставлених цілей. Організаційне управління спирається на сукупність процесів, методологій, метрик, програмного забезпечення і спрямоване на комплексну оцінку характеристик об'єкта управління у зовнішньому середовищі. Методики і бізнес-процеси управління

підтримуються різноманітними проблемно–орієнтованими інформаційними технологіями. 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. Кожна СОУ за своєю суттю є складною системою збору, аналізу та опрацювання інформації з метою отримання максимального кінцевого результату в умовах певних обмежень.

Небезпечно, витратно, а іноді й взагалі неможливо проводити натурні експерименти із СОУ (наприклад, із СОУ 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 ефективності створюваної автоматизованої СОУ.

Кожна СОУ є певною мірою унікальною. Разом з цим базові управлінські процеси, що в ній реалізуються, однакові для будь–якої СОУ, а отже, інструментарій для напрацювання рішень та моделювання СОУ має бути одночасно і унікальним, і універсальним. Необхідно мати можливість налаштування моделюючих засобів згідно з вимогами конкретної предметної сфери.

Дієвість автоматизованих елементів СОУ і самої СОУ можна оцінити за якістю, своєчасністю та обґрунтованістю прийнятих управлінських рішень. Вибір методів організаційного управління має враховувати умови жорсткого конкурентного зовнішнього середовища, наявність локальних цілей у складових системи, певну невизначеність й непередбачуваність впливів зовнішнього середовища, що можуть призвести до порушень у функціонуванні об'єкта управління. Засоби автоматизації СОУ мають дозволяти передбачувати, які ситуації можуть виникнути на об'єкті управління, визначати, яку поведінку

(послідовність дій) системи слід вважати доцільною; інформаційно підтримувати і орієнтувати щодо визначення стратегій поведінки; надавати прогноз фактичного результату функціонування об'єкта за наявності порушень.

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 й, у загальному випадку, асинхронно функціонуючими складовими на основі принципів децентралізованого управління відповідно до вимог технічних систем, з урахуванням особливостей технологічних процесів та наявних взаємозв'язків у соціальних системах. 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 комп'ютерних моделюючих комплексів систем організаційного управління, є актуальною.

Комп'ютерний моделюючий комплекс. Вибір і апробація практично придатних формалізованих методик забезпечення процесів прийняття рішень з високою оперативністю напрацювання цих рішень, простотою і зручністю використання, наочністю результатів управління потребує створення комп'ютерного моделюючого комплексу для адекватного моделювання процесів переробки інформації складовими СОУ з урахуванням наявної системи підпорядкованості та взаємодії між керуючими елементами СОУ.

Коли цілі СОУ і критерії якості рішень однозначно визначені, є повна інформація стосовно керованих процесів і невизначеність при прийнятті рішень пов'язана лише з апіорним незнанням кількісних характеристик наслідків тих чи інших дій, тоді можливо побудувати математичну модель системи і обрати статистично обґрунтований оптимальний план дій. У разі ж

практично повної невизначеності умов і законів функціонування та неоднозначності цілей і критеріїв практично неможливо побудувати статистично обґрунтовані моделі. На практиці ці два крайні випадки трапляються досить рідко. Частіше мають місце змішані ситуації, що враховується при розробленні моделей СОУ, зокрема комп'ютерних.

Вибір критерію якості прийнятого рішення, обґрунтування показників якості повинні забезпечити можливість обліку як об'єктивних, так і суб'єктивних факторів, що впливають на управлінське рішення. У разі великої кількості гіпотез і альтернатив бажано, не оцінюючи всі можливі альтернативи, обрати такий їх підклас, що, по-перше, містив би найкращу альтернативу, а по-друге, число альтернатив у ньому не перевищувало б певного кінцевого значення. Отже, на моделюючому комплексі слід відпрацювати засоби якісної оцінки груп альтернатив, поєднаних спільними ознаками.

У процесі моделювання можливо проаналізувати розвиток позаштатних ситуацій, критичних порушень у функціонуванні об'єкта управління і напрацювати певні шаблони дій посадових осіб в умовах критичності часового ресурсу для підвищення живучості об'єкта управління.

Це найсуттєвіші проблеми, які можливо вирішити в процесі створення СОУ з використанням комп'ютерного моделюючого комплексу. Крім того, моделюючий комплекс дозволяє відпрацювати базові системні, конструкторські, програмні й технологічні рішення для створюваної СОУ, виконати завдання з розроблення конструкторсько-технологічної документації і поетапного впровадження функціональних компонент АСОУ.

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 проєктних 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 підвищення ефективності управлінських процесів.

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

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, зокрема, в 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 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: МК АСУ АК – Моделюючого комплексу автоматизованої системи управління авіаційним комплексом; МК КСУ КЗ – Моделюючого комплексу командної системи управління корабельним з'єднанням; МК АСУ СЗ ЗСУ – Моделюючого комплексу для створення автоматизованої системи управління силами і засобами ЗСУ, що інтегрує в єдиний інформаційно–функціональний контур органи управління стратегічного, оперативного і тактичного рівнів управління.

Публікації. Основні положення дисертаційного дослідження опубліковано у 19-ти 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, 40 рисунків. Список використаних джерел налічує 98 найменувань на 6 сторінках. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 167 сторінок.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАЯВНИХ РІШЕНЬ ТА ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ

1.1 Сучасний стан досліджень у галузі комп'ютерного моделювання

Комп'ютерне моделювання є потужним інструментом, що застосовується для аналізу і розв'язання складних проблем у різних наукових та інженерних галузях. Завдяки розвитку обчислювальних потужностей, новим методам та інтеграції міждисциплінарних підходів, комп'ютерне моделювання досягає нових рівнів ефективності та точності. У цьому розділі розглянуто сучасний стан досліджень у галузі комп'ютерного моделювання, зокрема, розвиток обчислювальних технологій, інтеграцію міждисциплінарних підходів, застосування в різних галузях, програмне забезпечення, а також існуючі проблеми та виклики.

Розвиток обчислювальних потужностей та технологій

Сучасні платформи для обробки великих даних дозволяють реалізовувати складні моделі завдяки обробці великих обсягів інформації. Технологія MapReduce, розроблена Dean та Ghemawat [1], забезпечує ефективну обробку даних у розподілених системах, що є критично важливим для обробки великих обсягів даних у реальному часі.

Технології AI (artificial intelligence, штучний інтелект) та ML (machine learning, машинне навчання) активно інтегруються в моделювання, що дозволяє створювати самонавчальні моделі і автоматизувати аналіз даних. Goodfellow, Bengio і Courville [2] описують основи глибокого навчання, яке сприяє розвитку адаптивних моделей, що можуть самостійно покращувати свою точність з часом.

Інтеграція міждисциплінарних підходів

Інтеграція фізичних і цифрових компонентів у реальному часі для покращення управлінських і технологічних процесів стала важливим напрямком. Lee [3] обговорює виклики, пов'язані з проектуванням кіберфізичних систем, які об'єднують фізичні та обчислювальні елементи.

Моделювання складних систем з використанням системної динаміки дозволяє прогнозувати поведінку систем і розробляти ефективні стратегії управління. Sterman [4] представляє методи системної динаміки, які використовуються для аналізу та оптимізації складних процесів.

Застосування в різних галузях

Комп'ютерне моделювання знайшло широке застосування у медицині для симуляції біологічних процесів і розроблення нових ліків. Bower і Christensen [5] розглядають приклади використання моделювання в медичних дослідженнях та клінічних випробуваннях.

Моделювання використовується для оптимізації виробничих процесів, зниження витрат та підвищення ефективності. Fama [6] надає теоретичний контекст для моделювання економічних і виробничих процесів, що допомагає в оптимізації ресурсів.

Моделювання фінансових ринків і економічних процесів є важливим для аналізу ризиків і прогнозування ринкових тенденцій. Floridi [7] обговорює етичні аспекти та соціальні впливи, що можуть виникнути внаслідок використання комп'ютерного моделювання в економічних дослідженнях.

Проблеми та виклики

Точність і надійність моделей залишаються важливими викликами. Chalmers [8] розглядає проблеми, пов'язані з обмеженнями моделюючих систем, які потребують подальших досліджень.

Актуальними є проблеми інтеграції даних з різних джерел та забезпечення їхньої сумісності. Sargent [9] обговорює методи верифікації та валідації моделей для покращення їх точності і надійності.

Виконання складних моделей вимагає значних обчислювальних ресурсів. Banks et al. [10] представляють методи дискретно-подійного моделювання, які потребують значних обчислювальних потужностей.

Сучасний стан досліджень у галузі комп'ютерного моделювання характеризується значним прогресом у розвитку методів, обчислювальних потужностей і міждисциплінарних підходів. Попри численні досягнення,

існують проблеми і виклики, що потребують подальших досліджень та вдосконалення. Розуміння цих аспектів допоможе покращити точність і ефективність комп'ютерного моделювання у різних галузях.

1.2 Існуючі підходи до моделювання складних систем

Моделювання є важливим інструментом для розв'язання складних проблем в різних галузях науки і промисловості. Воно дозволяє створювати і аналізувати комп'ютерні моделі систем, процесів та явищ. В цьому розділі розглянемо існуючі підходи, методи, технології та інструменти, що використовуються при моделюванні складних систем.

Системи на основі дискретних подій

Цей підхід заснований на моделюванні систем, що змінюються через дискретні події. Моделі дискретно-подійного моделювання широко використовуються для аналізу і оптимізації виробничих процесів, логістики та систем обслуговування. Banks et al. [10] надають детальний огляд методів дискретно-подійного моделювання, що включають побудову, аналіз і валідацію моделей.

Для реалізації дискретно-подійного моделювання використовуються спеціалізовані інструменти, такі як Arena, AnyLogic та Simul8. Ці платформи надають потужні засоби для створення і аналізу моделей, що імітують реальні системи з дискретними подіями.

Системи на основі системної динаміки

Системна динаміка дозволяє моделювати складні системи з від'ємними та позитивними зворотними зв'язками, вивчаючи їхню динамічну поведінку. Sterman [4] детально описує методи системної динаміки, які використовуються для моделювання і аналізу складних систем і процесів, таких як управлінські рішення та економічні моделі.

Для системної динаміки використовуються інструменти, такі як Vensim та Stella. Ці платформи дозволяють створювати і аналізувати моделі з урахуванням зворотних зв'язків і динамічних змін.

Агентно–орієнтоване моделювання

Агентно–орієнтоване моделювання базується на моделюванні систем як набору агентів, що взаємодіють один з одним і з середовищем.

Популярні інструменти для агентно–орієнтованого моделювання включають NetLogo, AnyLogic та Repast. Ці платформи дозволяють створювати і аналізувати моделі на основі агентів і їх взаємодії.

Симуляційне моделювання з використанням методів Монте–Карло

Методи Монте–Карло використовуються для моделювання і аналізу випадкових процесів і оцінки ймовірностей результатів. Fishman [11] описує основи методів Монте–Карло і їх застосування в моделюванні та аналізі систем з випадковими характеристиками.

Для реалізації методів Монте–Карло в моделюванні складних систем часто використовуються такі інструменти як MATLAB і Python з бібліотеками NumPy і SciPy.

Моделювання на основі фізичних законів

Моделювання на основі фізичних законів дозволяє створювати моделі, що ґрунтуються на математичних рівняннях і фізичних принципах. Наприклад, моделювання динаміки рідин або механічних систем може здійснюватися за допомогою чисельних методів та симуляційних платформ.

Для фізичного моделювання використовуються такі інструменти, як ANSYS та COMSOL Multiphysics, які забезпечують реалізацію фізичних законів у комп'ютерних моделях.

Інтеграція підходів

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

AnyLogic є прикладом інструменту, який підтримує інтеграцію різних методів моделювання в єдиній платформі, що дозволяє користувачам створювати комплексні моделі, що поєднують різні підходи.

Таким чином, існуючі підходи до створення моделей складних систем включають різноманітні методи, такі як дискретно–подійне моделювання, системна динаміка, агентно–орієнтоване моделювання, методи Монте–Карло та фізичне моделювання. Кожен з цих підходів має свої переваги і обмеження, а також відповідні інструменти для реалізації. Інтеграція різних підходів дозволяє створювати комплексні моделі, які охоплюють різні аспекти систем, процесів і явищ.

1.3 Системи організаційного управління як об’єкт моделювання

1.3.1 Основні поняття та визначення

Організаційне управління – це багатофазний процес переробки інформації, прийняття рішень, напрацювання і реалізації управлінських дій для досягнення поставлених цілей. Організаційне управління спирається на сукупність процесів, методологій, метрик, програмного забезпечення і спрямоване на комплексну оцінку характеристик об’єкта управління у зовнішньому середовищі [12].

Системи управління – це системи, в яких протікають процеси управління. Система управління представляє собою сукупність людських, матеріальних, технічних, інформаційних, нормативно–правових та інших компонентів, пов'язаних між собою так, що завдяки цьому реалізуються функції управління. Система управління – це система спільної діяльності; щоб бути ефективною, вона має бути цілеспрямованою та організованою.

Дослідження систем управління – це вид діяльності, спрямований на розвиток і вдосконалення управління відповідно до зовнішніх і внутрішніх умов, що постійно змінюються.

Система організаційного управління (COU) – це сукупність організаційної структури і механізмів функціонування (організаційного

управління), набір правил, процедур, алгоритмів, що забезпечують досягнення поставленої мети із залученням до цього необхідних ресурсів [12]. 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.

Об'єктами організаційного управління можуть бути складні системи *будь-якої природи* (технічні, соціальні, соціотехнічні, біологічні, економічні, військові, адміністративні), що складаються з множини більш простих, взаємодіючих між собою і з зовнішнім середовищем систем, об'єктів або елементів, які під впливом певних процесів (зовнішніх та внутрішніх) змінюють свій стан.

Автоматизована СОУ (АСОУ) – це СОУ, що виконує свої функції шляхом збору, зберігання і оброблення інформації щодо стану об'єкту управління на основі інтеграції можливостей людини–користувача, комп'ютерів, програмного забезпечення та засобів зв'язку.

Модель – це деякий об'єкт, який відображає суттєві, з точки зору дослідника, особливості об'єкта–оригінала, явища або процесу, що вивчаються.

1.3.2 Узагальнена структура системи організаційного управління

Основою системи організаційного управління є її організаційна структура. Організаційна структура управління – це цілісна сукупність з'єднаних між собою інформаційними зв'язками елементів об'єкта та органу управління. Організаційна структура визначає склад підрозділів, що входять до системи управління, їх підпорядкованість та взаємозв'язки, форму поділу управлінських рішень за рівнями, а, отже, і число рівнів управління.

Типовими організаційними структурами є: лінійно–функціональна структура, яка закріплює за підрозділами обмежені функції управління; дивізійна структура на основі бізнес–одиниць, що закріплює за підрозділом функції повного управлінського циклу; матрична структура, що поєднує функції лінійно–функціональної та дивізійної структур.

Відносини між рівнями управління підтримуються завдяки зв'язкам (комунікаціям), які прийнято поділяти на горизонтальні та вертикальні.

Горизонтальні зв'язки мають характер узгодження і є, зазвичай, однорівневими. Це зв'язки кооперації та координації рівноправних ланок управління, головне призначення яких – сприяти найбільш ефективній взаємодії підрозділів підприємства у процесі вирішення проблем, що виникають між ними.

Вертикальні зв'язки – це зв'язки керівництва та підпорядкування, необхідність яких виникає за ієрархічності управління. Ці зв'язки є каналами передачі розпорядчої та звітної інформації.

Лінійні зв'язки – це зв'язки підпорядкування з усіх питань, за допомогою яких керівник реалізує свої владні повноваження та здійснює пряме керівництво підлеглими.

Функціональні зв'язки – це зв'язки підпорядкованості у межах реалізації певної функції управління. Функціональні зв'язки мають місце по лініях руху інформації та управлінських рішень у межах окремих функцій управління.

Структуру автоматизованої СОУ складає сукупність окремих її частин, які називаються підсистемами. Приклад структури комп'ютерного моделюючого комплексу, що моделює АСОУ, наведено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Приклад структури КМК, що моделює АСОУ

Будь-яку автоматизовану СОУ можна представити як сукупність функціональної та забезпечуючої частин, кожна з яких має свою структуру.

Функціональна частина – сукупність підсистем, що залежать від особливостей системи та предметної області об'єкта управління. Ці підсистеми поділяються за певною ознакою (функціональною чи структурною) та поєднують у собі відповідні комплекси завдань СОУ.

Забезпечуюча частина – сукупність інформаційного, математичного, програмного, технічного, правового, організаційного, методичного та інших видів забезпечення.

У загальному випадку до складу автоматизованої СОУ входять: інформаційні ресурси, подані у вигляді баз даних (баз знань), що зберігають дані про об'єкти, зв'язок між якими задається певними правилами; формальна логіко-математична система, реалізована 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.

Інформаційні ресурси включають машинну та немашинну інформацію. Машинна інформація представлена у вигляді баз даних, баз знань, банків даних, які можуть бути централізованими чи розподіленими.

Програмне забезпечення складається із загального програмного забезпечення (операційні системи, операційні оболонки, програмні середовища для розробки прикладних програм, СУБД, мережеві програми, антивірусні програми, тестові та діагностичні програми) та спеціального програмного забезпечення (сукупність прикладних програм, розроблених спеціально для вирішення завдань СОУ, а також контрольні приклади).

Процедури та технології розробляються на основі логіко–математичних моделей та алгоритмів, що становлять основу математичного забезпечення системи, та реалізуються за допомогою програмного забезпечення та комплексу технічних засобів, а також інтерфейсу, що забезпечує доступ користувача до інформації.

Персонал та інструктивно–методичні матеріали складають організаційне забезпечення системи.

Комплекс технічних засобів включає сукупність засобів обчислювальної техніки та спеціальний комплекс (засоби отримання інформації про стан об'єкта управління, локальні засоби регулювання, виконавчі пристрої, датчики та пристрої контролю та налагодження технічних засобів тощо).

Важливим елементом АСОУ є автоматизовані робочі місця (АРМ) користувачів. АРМ – це програмно-технічний комплекс, призначений для автоматизації діяльності певного виду (вирішення певних завдань). АРМ поєднує програмно-апаратні засоби, що забезпечують взаємодію людини з комп'ютером, надає можливість введення інформації (через клавіатуру, комп'ютерну мишу, сканер та ін.) та її виведення на екран монітора, принтер, графобудівник, звукову карту - динаміки або інші пристрої виведення. Склад та кількість АРМ визначається структурою, видом діяльності, спеціалізацією розв'язуваних завдань та розмірами системи.

1.3.3 Функції системи організаційного управління

Функція організаційного управління – це вид діяльності, роботи, процесу, що реалізуються СОУ відповідно до її призначення. Послідовність функцій у часі породжує цілеспрямовані процеси функціонування СОУ. Кожна з функцій організаційного управління має певне місце та значення в процесі управління, всі вони взаємопов'язані між собою та доповнюють одна одну при виробленні управлінських рішень.

Специфіка предметної області системи, форма організації технологічних процесів, взаємозв'язок структурних елементів, їх кількість на різних рівнях управління та інші чинники визначають склад функцій управління конкретної системи. У зв'язку з цим виділяються *загальні* та *специфічні* функції управління.

До *загальних функцій* управління належать функції, які не залежать від предметної області та властиві всім СОУ.

До *специфічних функцій*, характерних для конкретної предметної області системи, відносять функції управління основними технологічними процесами, які реалізуються системою, та допоміжними і обслуговуючими процесами, що їх підтримують.

До загальних функцій організаційного управління, як правило, відносять наступні функції: планування; облік та оброблення даних; контроль; організацію та координацію; аналіз діяльності; оперативне керування.

В цьому контексті *організаційне управління* можна визначити як сукупність упорядкованих системних функцій планування, організації та координації, контролю та аналізу, оперативного управління, обліку, переробки та використання інформації для вироблення та реалізації управлінських впливів.

Розглянемо більш докладно зміст основних загальних функцій організаційного управління.

Функція планування – це процес завчасної підготовки рішень про те, що, ким, коли і скільки має бути виконано, включаючи обґрунтування та формування цілей. Функція планування є первинною, найбільш складною та

відповідальною функцією управління. Функція планування включає: визначення цільового призначення та функціональних обов'язків, а також характеру робіт на перспективу; прогнозування виконання робіт; постановку цілей; формування плану дій щодо досягнення цілей; розроблення графіка виконання робіт із досягнення цілей та реалізації планів; формування загальних планів дій (складання керівних документів та вироблення принципових рішень).

Функція обліку та оброблення даних полягає у зборі, зберіганні та обробленні даних про наявність та стан елементів системи та є інформаційним підґрунтям для виконання всіх інших функцій організаційного управління.

Функція організації включає: створення умов для виконання планів та досягнення цілей (створення організаційної структури, підбір та розстановка кадрів, визначення функцій підрозділів); розподіл ресурсів для раціонального використання; класифікацію робіт для контролю та управління.

Функція координації включає: управління підрозділами та виконавцями; розподіл робіт; розподіл відповідальності за конкретні роботи.

Функція контролю необхідна для створення та підтримки умов для фактичного виконання планів та досягнення цілей. Ця функція реалізується на основі інформації про хід виконання планових завдань (даних оперативного, статистичного, бухгалтерського обліку), виявлення відхилень від встановлених показників роботи (контролю виконання завдань) та аналізу причин відхилень.

Функція аналізу включає в себе оцінку: альтернативних варіантів планів та цілей; поточних та критичних ситуацій у сенсі ризику та втрат; ефективності функціонування організаційної структури управління та її елементів; стратегії та діяльності органів управління; якості роботи підрозділів та виконавців; достатності та розподілу ресурсів.

Функція вироблення та реалізації управлінських впливів (рішень) – найважливіша функція у ланцюзі організаційного управління – ґрунтується на результатах виконання всіх попередніх функцій та забезпечує виконання цільової функції системи, що визначається її призначенням.

Реалізація будь-якої функції управління передбачає виконання певної послідовності управлінських процесів і використання певних методів. Тобто для кожної функції у системі управління використовується своя технологія її реалізації. Комп'ютерне моделювання процесів організаційного управління дозволяє провести всебічне дослідження реалізації функцій управління на різних рівнях ієрархії системи з використанням розмаїття сценаріїв розвитку ситуації. На рисунку 1.2 схематично відображено процес моделювання основних функцій СОУ на комп'ютерному моделюючому комплексі.

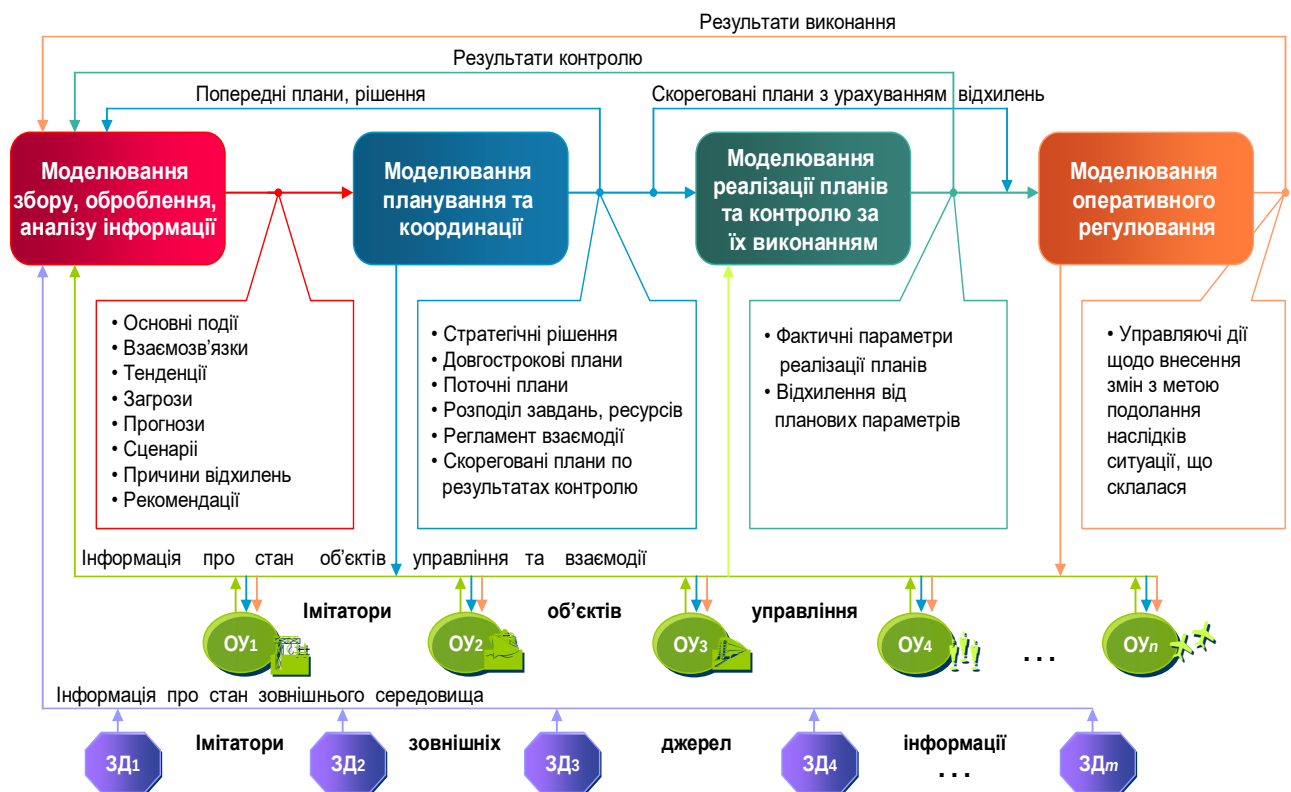


Рисунок 1.2 – Схема моделювання процесів організаційного управління на КМК

1.4 Моделювання як метод дослідження та побудови систем організаційного управління

1.4.1 Методи моделювання СОУ

Одним із методів дослідження та побудови СОУ є моделювання. Сутність моделювання полягає в заміні реальних експериментів, які є занадто складними або вимагають досить тривалого часу, абстрактними експериментами, що

здійснюються після створення якомога повнішої моделі досліджуваного явища. Найчастіше метод моделювання ставить собі такі цілі: зрозуміти сутність об'єкта, що вивчається; з'ясувати механізми взаємодії елементів об'єкта; визначити найкращі методи управління; оцінити стійкість системи (моделі); відпрацювати елементи практичних дій – тренувальні та ігрові моделі; оптимізувати будь-який процес; прогнозувати прямі чи непрямі наслідки; оптимально керувати об'єктом відповідно до обраного критерію оптимальності.

Моделювання СОУ здійснюється на основі наступних методів:

- *концептуального моделювання* – представлення системи за допомогою спеціальних знаків, символів, операцій над ними чи за допомогою природних чи штучних мов;
- *фізичного моделювання* – об'єкт, або процес, що моделюється, відтворюється, виходячи з співвідношення подібності, що впливає зі схожості фізичних процесів і явищ;
- *структурно-функціонального моделювання* – моделями є схеми (графи, блок-схеми), графіки, діаграми, таблиці, малюнки зі спеціальними правилами їхнього об'єднання та перетворення;
- *математичного (логіко-математичного) моделювання* – побудова моделі здійснюється засобами математики та логіки;
- *імітаційного (програмного) моделювання* – логіко-математична модель досліджуваної системи є алгоритмом функціонування системи, програмно реалізованим на комп'ютері.

Зазначені види моделювання можуть застосовуватися самостійно або разом, в деякій комбінації (наприклад, в імітаційному моделюванні використовуються практично всі види моделювання або окремі прийоми). Зокрема, імітаційне моделювання включає концептуальне (на ранніх етапах формування моделі) і логіко-математичне (включаючи методи штучного інтелекту) моделювання для опису окремих підсистем моделі, а також у процедурах обробки та аналізу результатів обчислювального експерименту та прийняття рішень. Технологію проведення та планування обчислювального

експерименту з відповідними математичними методами запозичено до імітаційного моделювання з фізичного (експериментального, натурального чи лабораторного) моделювання. Окремо слід сказати про *комп'ютерне моделювання*, що є розвитком *імітаційного* моделювання.

1.4.2 Комп'ютерне моделювання, види та основні етапи

Під *комп'ютерним моделюванням* у широкому сенсі розуміється процес створення та дослідження моделей за допомогою комп'ютера. Виділяють такі його види:

1. *Фізичне моделювання* – коли комп'ютер є частиною експериментальної установки або тренажера. Він сприймає зовнішні сигнали, здійснює відповідні розрахунки і видає сигнали, що керують різними маніпуляторами. Наприклад, навчальна модель літака, яка є кабіною, встановленою на відповідних маніпуляторах, з'єднаних з комп'ютером, що реагує на дії пілота і змінює нахил кабіни, показання приладів, вид з ілюмінатора і т.д., імітуючи політ реального літака.

2. *Динамічне чи чисельне моделювання*, що передбачає чисельне рішення системи алгебраїчних та диференціальних рівнянь методами обчислювальної математики та проведення обчислювального експерименту за різних параметрів системи. Використовується для моделювання різних фізичних, біологічних, соціальних та інших явищ: коливання маятника, поширення хвилі, зміна чисельності населення, популяції цього виду тварин тощо.

3. *Імітаційне моделювання* полягає у створенні комп'ютерної програми (або пакету програм), що імітує поведінку складної технічної, економічної чи іншої системи на комп'ютері з необхідною точністю. Імітаційне моделювання передбачає формальний опис логіки функціонування досліджуваної системи у часі, що враховує суттєві взаємозв'язки її компонентів та забезпечує проведення статистичних експериментів. Об'єктно–орієнтовані комп'ютерні симуляції використовуються для дослідження поведінки економічних, біологічних, соціальних та інших систем, створення комп'ютерних ігор, так

званого «віртуального світу», навчальних програм та анімацій. Наприклад, модель технологічного процесу, аеродрому, деякої галузі виробництва та ін.

4. *Статистичне моделювання* використовується для вивчення стохастичних систем і полягає в багаторазовому проведенні випробувань з подальшою статистичною обробкою результатів. Подібні моделі дозволяють досліджувати поведінку різних систем масового обслуговування, багатопроцесорних систем, інформаційно–обчислювальних мереж, різних динамічних систем, на які впливають випадкові фактори. Статистичні моделі застосовуються під час вирішення імовірнісних завдань і навіть під час обробки великих масивів даних (інтерполяція, екстраполяція, регресія, кореляція, розрахунок параметрів розподілу тощо).

5. *Інформаційне моделювання* полягає у створенні інформаційної моделі, тобто сукупності спеціальним чином організованих даних (знаків, сигналів), що відображають найбільш суттєві сторони об'єкта, що досліджується. Розрізняють наочні, графічні, анімаційні, текстові, табличні інформаційні моделі. До них відносяться всілякі схеми, графи, графіки, таблиці, діаграми, малюнки, анімації, виконані на комп'ютері, наприклад, цифрова карта зоряного неба, комп'ютерна модель земної поверхні тощо.

6. *Моделювання знань* передбачає побудову системи штучного інтелекту, в основі якої лежить база знань з певної предметної області (частини реального світу). Основи знань складаються з фактів (даних) та правил. До цього виду моделей відносять семантичні мережі, логічні моделі знань, експертні системи, логічні ігри тощо.

Комп'ютерне моделювання – один із найефективніших методів вивчення систем. Комп'ютерні моделі простіше та зручніше досліджувати, вони дозволяють проводити обчислювальні експерименти, реальна постановка яких утруднена або може дати непередбачуваний результат. Логічність і формалізованість комп'ютерних моделей дозволяє виявити основні фактори, які визначають властивості об'єктів, що вивчаються, дослідити відгук фізичної системи на зміни її параметрів і початкових умов.

До основних етапів комп'ютерного моделювання належать:

1. Постановка задачі, визначення об'єкта моделювання.
2. Розроблення концептуальної моделі, виявлення основних елементів системи та елементарних актів взаємодії.
3. Формалізація, тобто перехід до математичної моделі.
4. Створення алгоритму та написання програми.
5. Планування та проведення комп'ютерних експериментів; аналіз та інтерпретація результатів.

Суть комп'ютерного моделювання полягає у отриманні кількісних та якісних результатів на наявній моделі. Якісні результати аналізу виявляють невідомі раніше властивості складної системи: її структуру, динаміку розвитку, стійкість, цілісність та ін. Кількісні висновки здебільшого мають характер аналізу існуючої структури або прогнозу майбутніх значень деяких змінних.

1.4.3 Модель як інструмент побудови та модернізації систем

У процесі моделювання завжди існує оригінал (об'єкт) та модель, яка відтворює (моделює, описує, імітує) деякі риси об'єкта.

Модель є інструментом побудови та модернізації систем та дозволяє на основі зміни вхідних припущень прогнозувати поведінку системи. Крім того, модель являє собою засіб спрощення об'єкта та його вивчення, оскільки дозволяє досліджувати систему з точки зору її суттєвих характеристик, абстрагуючись від побічних впливів середовища

Основні властивості будь-якої моделі:

- кінцевість – модель відображає оригінал лише у кінцевій кількості відносин і, крім того, ресурси моделювання кінцеві;
- спрощеність – модель відображає лише суттєві сторони об'єкта, має бути простою для дослідження чи відтворення;
- приблизність – дійсність відображається моделлю грубо або приблизно;
- адекватність – модель повинна успішно описувати систему, що моделюється;

- наочність – доступність для огляду основних властивостей і відносин;
- технологічність – модель має бути придатна для дослідження або відтворення;
- інформативність – модель повинна містити достатню інформацію про систему (у рамках гіпотез, прийнятих під час побудови моделі) та надавати можливість отримати нову інформацію;
- повнота – у моделі мають бути враховані всі основні зв'язки та відносини, необхідні для забезпечення мети моделювання.

Розробники моделей перебувають під впливом двох взаємно суперечливих тенденцій: прагнення повноти опису і прагнення отримання необхідних результатів найпростішими засобами. Досягнення компромісу відбувається зазвичай шляхом побудови серії моделей, які починаються з гранично простих, а закінчуються моделями високої складності (існує відоме правило: починай з простих моделей, а далі ускладнюй). Прості моделі допомагають глибше зрозуміти досліджувану проблему. Ускладнені моделі застосовуються для аналізу впливу різних чинників на результати моделювання.

Загальні вимоги до моделі:

1. Модель має задовольняти вимогам повноти, адаптивності, забезпечувати можливість досить широких змін. Це потрібно для послідовного наближення до моделей, що задовольняють вимогам точності відтворення об'єкта. Повнота моделі повинна розглядатися з різних точок зору. Функціональна повнота моделі має дозволяти реалізовувати ті функції, які притаманні об'єкту.
2. Модель має бути досить абстрактною, щоб допускати варіювання великою кількістю змінних. Але в прагненні абстрактності важливо, щоб не було втрачено фізичний зміст і можливість оцінки отриманих результатів.
3. Модель повинна задовольняти вимогам та умовам, що обмежують час вирішення задачі, який визначається ритмом функціонування об'єкта.

4. Модель повинна забезпечувати отримання корисної інформації про об'єкт у плані поставленого завдання дослідження. В якості неодмінних вимог до дослідницьких моделей можуть виступати вимоги забезпечити задані достовірність, точність результату при мінімальних витратах на його розроблення.

5. Модель (по можливості) повинна будуватися з використанням загальноприйнятої термінології.

6. Модель має передбачати можливість перевірки її відповідності оригіналу, тобто забезпечувати перевірку адекватності чи верифікацію.

7. Модель повинна мати властивість робастності – стійкості по відношенню до помилок у вхідних даних. Іншими словами – бути нечутливою (або малочутливою) до збурень, похибок і невизначеностей.

Класифікація моделей

Кожна модель створюється для конкретної мети і, отже, є унікальною. Однак наявність спільних рис дозволяє згрупувати різноманіття моделей в окремі класи, що полегшує їх розроблення та вивчення. Теоретично розглядається багато ознак класифікації, тим не менш, найбільш актуальними є наступні класифікації моделей:

- *За сферою використання*: навчальні – моделі, що використовуються в навчанні; науково–технічні – для дослідження процесів чи явищ; ігрові – для дослідження поведінки об'єкта в різних ситуаціях; імітаційні – імітують реальність.

- *За фактором часу*: статична модель – одномоментний зріз інформації на об'єкті; динамічна модель відображає зміну об'єкта у часі.

- *За способом подання*: матеріальні моделі (предметні, фізичні), що відтворюють геометричні та фізичні властивості оригіналу і завжди мають реальне втілення; інформаційні моделі, як сукупність інформації, що характеризує властивості та стан об'єкта, процесу, явища, а також взаємозв'язок із навколишнім світом. Інформаційні моделі, у свою чергу, поділяються на: вербальну модель – це інформаційна модель у роздумній та розмовній формі;

знакову модель – це інформаційна модель, виражена особливими знаками, тобто, засобами будь-якої формальної мови.

– *За способом реалізації*: комп'ютерні моделі; некомп'ютерні моделі.

Саме комп'ютерні моделі, їх побудова та реалізація є темою даного дослідження.

1.4.4 Комп'ютерні моделі, етапи їх створення та дослідження

Комп'ютерна модель – це модель (умовний образ) об'єкта (реального процесу, явища, системи), реалізована комп'ютерними засобами. Умовний образ об'єкта чи деякої системи об'єктів (чи процесів) описується за допомогою рівнянь, нерівностей, логічних співвідношень, взаємозалежних комп'ютерних таблиць, графів, діаграм, графіків, малюнків, анімаційних фрагментів, гіпертекстів, що відображають структуру та взаємозв'язки між елементами об'єкта.

Комп'ютерні моделі, описані за допомогою рівнянь, нерівностей, логічних співвідношень, взаємозалежних комп'ютерних таблиць, графів, діаграм, графіків, називатимемо *математичними*.

Комп'ютерні моделі, описані за допомогою взаємопов'язаних комп'ютерних таблиць, графів, діаграм, графіків, малюнків, анімаційних фрагментів, гіпертекстів і т.д., що відображають структуру та взаємозв'язки між елементами об'єкта, називатимемо *структурно-функціональними*.

Комп'ютерні моделі (окрему програму, сукупність програм, програмний комплекс), що дозволяють за допомогою послідовності обчислень та графічного відображення результатів відтворювати (імітувати) процеси функціонування об'єкта (системи об'єктів), називатимемо *імітаційними*.

Процес розроблення моделей та їх дослідження на комп'ютері можна поділити на кілька основних етапів:

1. Побудова описової інформаційної моделі (виділення істотних параметрів).
2. Створення формалізованої моделі (запис формул).
3. Побудова комп'ютерної моделі.

4. Комп'ютерний експеримент.

5. Аналіз отриманих результатів та коригування досліджуваної моделі.

На першому етапі зазвичай будується описова інформаційна модель. Така модель виділяє суттєві з погляду цілей дослідження параметри об'єкта, а несуттєвими параметрами нехтує.

На другому етапі створюється формалізована модель, тобто описова інформаційна модель записується за допомогою будь-якої формальної мови. У такій моделі за допомогою формул, рівнянь, нерівностей тощо фіксуються формальні співвідношення між початковими і кінцевими значеннями властивостей об'єктів, а також накладаються обмеження на допустимі значення цих властивостей. Однак далеко не завжди вдається знайти формули, що явно виражають шукані величини через вхідні дані. У такому випадку використовуються наближені математичні методи, що дозволяють отримати результати із заданою точністю.

На третьому етапі необхідно формалізовану інформаційну модель перетворити на комп'ютерну зрозумілою для комп'ютера мовою. Існують два принципово різні шляхи побудови комп'ютерної моделі: 1. Створення алгоритму розв'язання задачі та його кодування однією з мов програмування. 2. Формування комп'ютерної моделі за допомогою існуючих додатків.

У процесі створення комп'ютерної моделі корисно розробити зручний графічний інтерфейс, що дозволить візуалізувати формальну модель і реалізувати інтерактивний діалог людини з комп'ютером на етапі дослідження моделі.

Четвертий етап дослідження інформаційної моделі полягає у проведенні комп'ютерного експерименту. Якщо комп'ютерна модель існує у вигляді програми, написаною однією з мов програмування, її потрібно запустити на виконання та отримати результати. Якщо комп'ютерна модель досліджується у додатку, наприклад, в електронних таблицях, можна провести сортування чи пошук даних, побудувати діаграму чи графік тощо.

П'ятий етап полягає в аналізі отриманих результатів та коригуванні досліджуваної моделі. У разі відмінності результатів, отриманих при дослідженні моделі, від параметрів реальних об'єктів, можна зробити висновок, що на попередніх етапах побудови моделі були допущені помилки або неточності. Наприклад, при побудові описової якісної моделі можуть бути неправильно відібрані суттєві властивості об'єктів, у процесі формалізації можуть бути допущені помилки у формулах і таке інше. У цих випадках необхідно провести коригування моделі, причому уточнення моделі може проводитися багаторазово, поки аналіз результатів не покаже їх відповідність об'єкту, що досліджується.

Сутність комп'ютерного моделювання системи полягає у проведенні на обчислювальній машині експерименту з моделлю, яка є деяким програмним комплексом, що описує формально та (або) алгоритмічно поведінку елементів системи в процесі її функціонування, тобто в їх взаємодії один з одним і довкіллям.

Створення та дослідження комп'ютерної моделі СОУ дозволяє спроектувати найбільш ефективну форму управління, наочно показати процеси трансформації існуючої структури в розроблену, підтвердити правильність вибору моделі як засобу для моделювання системи управління. Створення комп'ютерної моделі автоматизованої СОУ передбачає: визначення складу функцій, які має реалізувати система; вибір методів та засобів реалізації функцій; визначення складу підрозділів, які реалізовуватимуть функції управління, та їх взаємозв'язків; визначення структури управлінських процесів під час реалізації функції управління; розподіл повноважень та відповідальності за виконання визначених управлінських дій; визначення форми контролю за цією діяльністю; підтримку прийняття рішень у разі виникнення нештатних ситуацій.

Висновки до розділу 1

У розділі було проведено аналіз наявних рішень у галузі комп'ютерного моделювання, розглянуто існуючі підходи до моделювання складних систем, виконано детальний аналіз систем організаційного управління, як об'єктів моделювання, розглянуто особливості комп'ютерних моделей та етапи їх створення. На основі проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Аналіз наявних рішень у галузі комп'ютерного моделювання:

- Широке застосування: комп'ютерне моделювання активно застосовується в різних галузях, включаючи інженерію, економіку, біологію та соціальні науки, що свідчить про його універсальність.

- Технічні досягнення: розвиток апаратного забезпечення, зокрема, зростання потужності процесорів і доступність високопродуктивних обчислювальних кластерів, значно розширили можливості комп'ютерного моделювання. Сучасні платформи можуть обробляти великі обсяги даних і виконувати складні обчислення в режимі реального часу.

- Розвиток програмного забезпечення: з'являються нові програмні інструменти та платформи для моделювання, що пропонують користувачам потужні засоби для створення і аналізу моделей. Серед них особливо виділяються системи з відкритим кодом, які сприяють співпраці та обміну знаннями між дослідниками.

2. Існуючі підходи до моделювання складних систем:

- Існуючі підходи до створення моделей складних систем включають різноманітні методи, такі як дискретно–подійне моделювання, системна динаміка, агентно–орієнтоване моделювання, методи Монте–Карло та фізичне моделювання. Кожен з цих підходів має свої переваги і обмеження, а також відповідні інструменти для реалізації.

- Інтеграція різних підходів дозволяє створювати комплексні моделі, які охоплюють різні аспекти систем, процесів і явищ. Прикладом інструменту,

який підтримує інтеграцію різних методів моделювання в єдиній платформі, що дозволяє користувачам створювати комплексні моделі, є AnyLogic.

3. 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); формальна логіко–математична система, реалізована 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 інші чинниками. Кожна з функцій організаційного управління має певне місце та значення в процесі управління, всі вони взаємопов'язані між собою та доповнюють одна одну при виробленні управлінських рішень.

4. Особливості комп'ютерних моделей та етапи їх створення

– Сутність створення та дослідження комп'ютерної моделі полягає у проведенні на обчислювальній машині експерименту з моделлю, яка є деяким програмним комплексом, що описує формально та (або) алгоритмічно поведінку елементів системи в процесі її функціонування, тобто в їх взаємодії один з одним і довкіллям.

– 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.

– Визначено, що створення та дослідження *комп'ютерної моделі* є основним інструментом для дослідження та розроблення автоматизованої СОУ в сучасних умовах. Використання комп'ютерної моделі підвищує якість апробованих в процесі комп'ютерного експерименту проєктних рішень для створення перспективної 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.

Проведений аналіз показує, що сучасні рішення у галузі комп'ютерного моделювання та організаційного управління пропонують широкий спектр інструментів і підходів, здатних значно підвищити ефективність управлінських процесів. Однак, існують важливі проблеми та виклики, які потребують подальших досліджень та розробок. Ці аспекти підкреслюють важливість та актуальність дослідження методів формування комп'ютерних моделюючих комплексів для створення та вдосконалення систем організаційного управління, що сприятиме розвитку сучасних організацій на основі застосування новітніх інформаційних технологій.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЮЮЧИХ КОМПЛЕКСІВ

2.1 Поняття, класифікація і призначення комп'ютерних моделюючих комплексів

Комп'ютерний моделюючий комплекс (КМК) – це інтегрована система програмних та апаратних засобів, що використовується для створення, управління та аналізу моделей складних систем з метою прогнозування, оптимізації та прийняття рішень. Основна мета КМК СОУ – забезпечення ефективного інструментарію для моделювання різних процесів і явищ, що дозволяє проводити експерименти, аналізувати результати та вдосконалювати управлінські рішення без необхідності втручання в реальні об'єкти.

В контексті даної роботи будемо розуміти комп'ютерний моделюючий комплекс як модель системи організаційного управління, що складається із сукупності математичних методів, аналітичних та імітаційних моделей, алгоритмів, технічних засобів і програмних модулів, що реалізують функціональні підсистеми (ФП), комплекси задач і функціональні задачі (ФЗ) управління.

Класифікація комп'ютерних моделюючих комплексів

КМК класифікуються за різними ознаками: за типом моделювання; за методом реалізації; за предметною областю; за призначенням; за рівнем інтерактивності; за способом представлення результатів тощо (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Класифікація комп'ютерних моделюючих комплексів

Комп'ютерні моделюючі комплекси СОУ, методи формування яких є темою дисертаційної роботи, відтворюють складні процеси організаційного управління і є своєрідним полігоном для створення майбутньої автоматизованої СОУ. Незалежно від галузевої спрямованості, КМК СОУ забезпечують:

- відпрацювання базових проєктних рішень щодо створення СОУ (системних, конструкторських, програмних, технологічних, інструментальних) (рис. 2.2);
- аналіз та оцінку різних варіантів організаційно–функціональної структури майбутньої СОУ;
- моделювання та прогнозування поведінки об'єктів управління та системи в цілому при впливі непередбачуваних факторів різного походження;

- створення (адаптацію) автоматизованих робочих місць (АРМ) до вимог посадових осіб різних рівнів управління;
- розроблення конструкторсько–технологічної документації для створення СОУ;
- поетапне впровадження функціональних автоматизованих компонентів системи управління;
- тренаж і підготовку посадових осіб для розв’язання завдань організаційного управління.



Рисунок 2.2 – Відпрацювання основних проєктних рішень щодо створення СОУ на комп'ютерному моделюючому комплексі

2.2 Основні принципи побудови комп'ютерних моделюючих комплексів

При розробці комп'ютерних моделюючих комплексів важливо дотримуватися певних принципів, які забезпечують ефективність, надійність та гнучкість системи. Основні принципи побудови КМК включають:

1. Принцип модульності

- Модульність: комплекс повинен складатися з окремих модулів, які можуть бути розроблені, протестовані та оновлені незалежно один від одного.

- Інтерфейси між модулями: модулі повинні мати чітко визначені інтерфейси для обміну даними та взаємодії.

2. Принцип масштабованості

- Горизонтальна масштабованість: комплекс повинен підтримувати додавання нових модулів або компонентів без значних змін у загальній архітектурі.

- Вертикальна масштабованість: комплекс повинен ефективно використовувати додаткові ресурси (процесорний час, пам'ять) для обробки більших обсягів даних або складніших задач.

3. Принцип гнучкості та адаптивності

- Гнучкість: комплекс повинен бути здатним адаптуватися до змін умов експлуатації та вимог користувачів.

- Конфігураційна гнучкість: можливість налаштування параметрів системи без необхідності її перепрограмування.

4. Принцип інтегрованості

- Інтегрованість: комплекс повинен легко інтегруватися з існуючими інформаційними системами та інфраструктурою організації.

- Сумісність: забезпечення сумісності з різними програмними і апаратними платформами.

5. Принцип надійності, відмовостійкості та живучості

- Надійність: комплекс повинен працювати стабільно і безпомилково в різних умовах експлуатації.

- Відмовостійкість: комплекс повинен мати механізми для виявлення і відновлення після збоїв, а також захисту даних від втрати.

- Живучість: комплекс повинен мати здатність пристосуватися до змін, обумовлених деструктивними впливами, змінюючи поведінку, структуру, а часто і мету функціонування.

6. Принцип безпеки

- Захист даних: комплекс повинен забезпечувати конфіденційність, цілісність та доступність даних.

- Кібербезпека: захист від зовнішніх та внутрішніх кіберзагроз, включаючи несанкціонований доступ та атаки.

7. Принцип ефективності

- Оптимізація продуктивності: комплекс повинен максимально ефективно використовувати доступні ресурси.

- Висока швидкість обробки: мінімізація часу обробки даних і виконання моделей.

8. Принцип користувацької зручності

- Інтуїтивний інтерфейс: комплекс повинен мати зрозумілий і зручний інтерфейс для користувачів різних рівнів підготовки.

- Підтримка користувачів: наявність документації, навчальних матеріалів та технічної підтримки для користувачів.

9. Принцип стандартизації та документованості

- Використання стандартів: дотримання загальноприйнятих стандартів у розробці та інтеграції комплексів для забезпечення сумісності і взаємодії з іншими системами.

- Документованість: наявність повної документації, яка описує структуру, функціонування і взаємодію компонентів комплексу.

Дотримання цих принципів при побудові комп'ютерних моделюючих комплексів забезпечує створення ефективних, надійних та гнучких систем, здатних вирішувати складні завдання моделювання та управління.

2.3 Основні підходи до побудови комп'ютерних моделюючих комплексів

Розглянемо основні підходи, що застосовуються до побудови КМК, як моделей складних систем організаційного управління.

2.3.1 Системний підхід

Системний підхід є методологічною основою дослідження, аналізу, моделювання та створення складних систем управління. Суть системного підходу полягає у реалізації вимог загальної теорії систем, яка узагальнено

описує системи різних класів та типів та розробляє специфічні методи їх аналізу. Відповідно до загальної теорії систем, кожен об'єкт у процесі його дослідження повинен розглядатися як система і, одночасно, як елемент загальнішої системи. Будь-яка система (об'єкт) розглядається як сукупність взаємозв'язаних елементів (компонентів), що має вихід (ціль), вхід (ресурси), зв'язок із зовнішнім середовищем, зворотний зв'язок. Основними категоріями теорії систем є: система, елемент, підсистема, відносини, структура, властивість.

Основні принципи системного підходу: *цілісність*, яка означає, що всі частини системи сприяють досягненню спільної мети і формуванню найкращих результатів відповідно до певного критерію (сукупності критеріїв) ефективності; *емерджентність* – великі і складні системи мають властивості, не притаманні жодному з формуючих цю систему елементів; *ієрархічність побудови*, тобто наявність множини (принаймні двох) елементів, які розташовані на основі підпорядкування елементів нижчого рівня елементам вищого рівня; *структуризація*, яка дозволяє аналізувати елементи системи та їх взаємозв'язки в рамках конкретної організаційної структури; *множинність опису системи*, яка означає, що через принципову складність кожної системи її адекватне пізнання вимагає побудови значної кількості різних моделей, кожна з яких описує чи відображає лише певний аспект системи; *динамічність*, тобто дослідження об'єктів у їх розвитку на всіх етапах життєвого шляху.

Основні етапи застосування системного підходу: визначення об'єкта дослідження; визначення мети та завдань дослідження; визначення критеріїв вивчення досліджуваного об'єкта; виділення суттєвих елементів досліджуваного об'єкта; визначення структури системи; визначення та класифікація зовнішніх зв'язків між елементами досліджуваного об'єкта; вивчення кожного із знайдених складових елементів об'єкта; визначення принципів взаємодії системи зі середовищем її функціонування на основі аналізу сукупності зовнішніх зв'язків; виявлення закономірностей зміни та розвитку елементів досліджуваного об'єкта; виділення основних причинно–

наслідкових зв'язків між елементами (так званих системоутворюючих зв'язків), які забезпечують упорядкованість системи; виявлення кінцевої структури та організації системи, на основі чого складається її модель; вивчення процесу управління системою; розроблення програми управління системою.

Системний підхід реалізується у вигляді деякого конкретного (адаптованого до особливостей системи) системного методу (аналізу, інформаційного пошуку), тобто набору правил, процедур, інструкцій, еталонів, прийомів дослідження та технологій підготовки та прийняття рішення з урахуванням особливостей об'єкта та суб'єкта управління.

2.3.2 Системний аналіз

Основний засіб системного підходу – це системний аналіз. Системний аналіз розглядається як сукупність методологічних засобів, що використовуються для підготовки та обґрунтування вирішення складних проблем, що виникають у процесі відносин об'єктів із зовнішньою середою. Системний аналіз поєднує формалізовані, слабо формалізовані та неформалізовані методи та процедури, що дозволяють реалізувати системний підхід до управління системою діяльністю людини та функціонуванням складних систем на різних етапах життєвого шляху. Основною метою системного аналізу є побудова узагальненої моделі взаємодії даного об'єкту з навколишнім середовищем у конкретній ситуації та вироблення рекомендацій щодо досягнення цим об'єктом певної мети.

Ефективність вирішення проблем за допомогою системного аналізу визначається структурою розв'язуваних проблем. Відповідно до класифікації, всі проблеми підрозділяються на три класи: *добре структуровані* (well-structured), або кількісно сформульовані проблеми, у яких істотні залежності з'ясовані дуже добре; *неструктуровані* (unstructured), або якісно виражені проблеми, що містять лише опис найважливіших ресурсів, ознак і характеристик, проте кількісні залежності між якими абсолютно невідомі; *слабо структуровані* (ill-structured), або змішані проблеми.

Для вирішення добре структурованих кількісно сформульованих проблем використовується відома методологія дослідження операцій, яка полягає у побудові адекватної математичної моделі (наприклад, задачі лінійного, нелінійного, динамічного програмування, задачі теорії масового обслуговування, теорії ігор та ін.) та застосуванні методів для пошуку оптимальної стратегії управління цілеспрямованими діями.

Для вирішення слабо структурованих проблем використовується методологія системного аналізу, системи підтримки прийняття рішень (СППР).

2.3.3 Модельний підхід

Важливою особливістю системного підходу є те, що не тільки об'єкт, а й сам процес дослідження виступає як складна система, завдання якої, зокрема, полягає в поєднанні в єдине ціле різних моделей об'єкта.

Моделювання є головним методом досліджень у всіх галузях знань та науково обґрунтованим методом оцінювання характеристик складних систем, що використовуються для прийняття рішень у різних галузях діяльності. Такі системи, як АСОУ, інформаційно–аналітичні системи, автоматизовані системи обробки інформації належать до класу великих систем, етапи проєктування, впровадження, експлуатації та еволюції яких на даний час неможливі без використання різних видів моделювання.

Можливості модельного підходу надзвичайно різноманітні як за формальними моделями, що використовуються, так і за способами реалізації методів моделювання. Фізичне моделювання дозволяє отримати достовірні результати для простих систем. Складні за внутрішніми зв'язками і великі за кількістю елементів системи важко піддаються прямим способам моделювання і часто для побудови та вивчення потребують імітаційних методів. Поява нових інформаційних технологій збільшує не тільки можливості моделюючих систем, а й дозволяє застосовувати більшу кількість моделей і способів їх реалізації. Удосконалення обчислювальної та телекомунікаційної техніки призвело до подальшого розвитку методів машинного моделювання, без яких неможливе вивчення процесів та явищ, а також побудова великих та складних систем.

Ієрархія моделей. Моделі, що базуються на математичній інтерпретації проблеми, за допомогою певних алгоритмів забезпечують пошук інформації, корисної для прийняття рішень щодо даної проблеми, та є базою для формування варіантів її розв'язання.

Різноманітність реальних ситуацій вимагають для їхнього адекватного відображення використання комплексів моделей, у яких «вихід» однієї моделі є «входом» для іншої – ієрархії моделей. На кожному рівні ієрархії існує великий набір моделей та методів, користуючись якими можна зібрати необхідний інструмент для вирішення поставленого завдання. Можливе як адаптоване використання тих чи інших відомих моделей і методів, так і розроблення нових, оригінальних моделей і методів, що враховують особливості об'єкта, що моделюється. База моделей може містити як оптимізаційні, так і неоптимізаційні моделі.

Створення моделей має враховувати необхідність їх узгодженого розвитку, ієрархії та системної сумісності, що дозволяє створити кластер моделей, які реально можна буде застосовувати при прийнятті рішень.

Імітаційне моделювання. Сучасні дослідження показують, що імітаційне моделювання наразі є чи не найпопулярнішим. Особливість імітаційного моделювання полягає в тому, що в основу його покладено методологію системного аналізу. Вона дозволяє досліджувати систему методами операційного аналізу, який включає такі взаємопов'язані етапи: змістовна постановка задачі; розроблення концептуальної моделі; розроблення та програмна реалізація імітаційної моделі; перевірка адекватності моделі та оцінка точності результатів моделювання; планування та проведення експериментів та прийняття рішень. Завдяки цьому можна застосовувати імітаційне моделювання як універсальний підхід під час прийняття рішень в умовах невизначеності та врахування в моделях тих факторів, які важко формалізувати, а також використовувати основні засади системного підходу для виконання практичних завдань [13].

Метод імітаційного моделювання дозволяє розв'язувати задачі аналізу великих систем, включаючи задачі оцінки: варіантів структури системи, ефективності різних алгоритмів управління системою, впливу змін різних параметрів системи. Імітаційне моделювання може бути покладене також в основу структурного, алгоритмічного та параметричного синтезу великих систем, коли потрібно створити систему із заданими характеристиками при певних обмеженнях, яка є оптимальною за деякими критеріями оцінки ефективності.

2.3.4 Теоретико–множинний підхід

Теоретико–множинний підхід використовується для формалізованого опису складних систем. Він дозволяє описувати множину усіх елементів, що входять до системи, мають певні властивості та знаходяться у певних взаємовідносинах, і використовується у теорії організації та управління системами.

У загальній теорії систем при описі системи виходять із загальних припущень про характер її функціонування: система функціонує у часі і в кожен момент часу система може перебувати в одному із можливих станів; на вхід системи можуть надходити вхідні сигнали; система здатна видавати вихідні сигнали; стан системи в даний момент часу визначається попередніми станами та вхідними сигналами, що надійшли в даний момент часу і раніше; вихідний сигнал у даний момент часу визначається станами системи, що відносяться до даного та попереднього моментів часу.

Відповідно до цього підходу формальна модель динамічної системи має такий вигляд:

$$M = \langle T, X, Y, Z, z(t), P \rangle, \quad (2.1)$$

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 .

2.4 Методи розподіленого імітаційного моделювання

В даний час системи розподіленого імітаційного моделювання широко використовуються в практиці проєктування та дослідження складних систем, що потребують великих обсягів моделювання. Прикладом можуть бути такі відомі технології розподіленого імітаційного моделювання як SPEEDES (Synchronous Parallel Environment for Emulation and Discrete Event Simulation), PARASOL (Parallel Solution) і HLA (High Level Architecture) [14 – 16].

Можна зазначити такі чинники, що визначають доцільність розробки та застосування методів розподіленого імітаційного моделювання при побудові КМК СОУ: зменшення (скорочення) часу реалізації імітаційних експериментів; можливість використання географічно розподілених компонентів; можливість інтеграції програм моделювання, реалізованих різними розробниками; зменшення впливу збоїв у роботі комп'ютерів на процес моделювання в цілому.

В області розподіленого імітаційного моделювання виділяються дві категорії процесів розподіленого імітаційного моделювання [17]:

- аналітичне моделювання, яке використовується для аналізу поведінки досліджуваних систем на основі показників ефективності. Основна вимога до подібних процесів – якнайшвидша реалізація. Такі процеси можуть включати різноманітні анімації для відображення діяльності досліджуваних систем;

- моделювання на основі розподіленого віртуального середовища. Тут відомі розробки додатків у двох напрямках. Перший напрямок пов'язаний, перш за все, з комерційною авіацією та завданнями військових відомств з навчання персоналу. Так, система SIMNET (SIMulator NETworking) з 1991 по 1999 г. використовувалася як ефективний засіб для навчання армійського

персоналу у надзвичайних ситуаціях [17]. Другий напрям пов'язаний з роботами різних спільнот з комп'ютерних ігор.

Традиційно імітаційне моделювання використовують у практиці проектування складних систем, для яких відсутні відповідні математичні формулювання. Тим не менш, розробникам та користувачам надаються засоби формалізації у вигляді множини методологічних схем та технологічних стандартів, передбачених загальною методологією імітаційного моделювання та підтримуваних спеціально розробленими мовами та системами моделювання.

На даний час у зарубіжній та вітчизняній практиці імітаційного моделювання накопичено великий досвід розроблення та застосування технологічних стандартів, що насамперед стосуються специфіки створення імітаційних моделей (ІМ), проектування схем та програм імітаційних експериментів, оцінки достовірності ІМ.

Програмне імітаційне середовище включає:

- версії ІМ (*ІМ*), що відрізняються множинами логічних процесів і множинами вихідних параметрів, що оцінюються (спостерігаються). Кожна така версія підтримує або певну задачу імітаційного моделювання в аналізованій проблемній галузі, або використовує різні методи та підходи до визначення вихідних параметрів;
- версії схем імітаційних експериментів (*СЕ*), що містять набори методів для підтримки різних етапів експериментів (*М*) і множину параметрів, що спостерігаються в експерименті (*НП*);
- версії програм імітаційних експериментів (*ПІЕ*), орієнтованих на реалізацію конкретних сценаріїв та скомпонованих на основі відповідних версій ІМ та схем експериментів;
- накопичені результати моделювання в даній проблемній галузі для різних сценаріїв експериментів (*НП*). Результати (*Рез*) накопичуються та можуть відображатися за допомогою спеціальних методів (*Метод*);
- специфікацію інтерфейсу, що визначає базову мову моделювання;

– систему моделювання («Симулятор»).

Перша основна група – стандарти для ІМ – зумовлена загальною методологією імітаційного моделювання. Друга група – стандарти для СЕ – та третя група – стандарти для ПЕ – регламентують створення типових сценаріїв експериментів та розробку програм імітаційних експериментів відповідно. У процесі реалізації комп'ютерних експериментів ІМ та відповідна схема експерименту інтегруються в рамках програми імітаційних експериментів із такими загальносистемними компонентами як симулятор, час моделювання, календар.

Основними функціональними модулями симулятора є модулі підтримки менеджменту часу, менеджменту об'єктів та менеджменту володіння. Зокрема, сервіс управління часом є програмною реалізацією узагальненої моделі функціонування досліджуваних систем та виступає в ролі диспетчера (планувальника) процесу моделювання: формує календар, підтримує квазіпаралельне виконання ланцюжків подій та встановлює поточне значення часу моделювання. Залежно від типу досліджуваних систем (безперервних чи безперервно–дискретних) мають бути використані різні версії симуляторів та стандартних схем реалізації типових сценаріїв.

2.5 Дослідження та створення комп'ютерних моделюючих комплексів спеціального призначення в Україні

З метою підвищення повноти розв'язуваних завдань моделями, що використовуються при підтримці прийняття рішень на всіх рівнях управління Збройними Силами (ЗС), а також для підвищення ефективності управління в невизначених умовах останнім часом набули поширення імітаційно–моделюючі комплекси підтримки прийняття рішень, що розробляються як у провідних країнах світу, так і в Україні. Суть такого роду систем зводиться до прийняття рішення щодо застосування сил та засобів ЗС на основі імітаційного моделювання та оцінки результатів можливого ходу бойових дій за допомогою агрегованих моделей функціонування різномірних частин та з'єднань сил.

Розглядаються різні сценарії застосування сил та засобів, що створюються на основі альтернативних варіантів задуму та варіантів рішення.

Численні вітчизняні дослідження присвячені історичним, технічним й організаційним аспектам застосування імітаційного моделювання у підготовці органів управління тактичної і оперативно–тактичної ланок. Розглядається методика підготовки і проведення командно–штабних навчань за допомогою комп’ютерів, описано цикл робіт зі створення засобів і систем розподіленого імітаційного моделювання. Станом на 2019 рік в Україні функціонували Центри імітаційного моделювання з використанням, зокрема, таких систем: JCATS (Joint Conflict and Tactical Simulation), призначеної для тактичного рівня; імітаційно–тренажного комплексу «Віраж–РД»; Follow Me (рівень відділення, взводу); Battle Command (рівень взвод – рота – батальйон); MILES (Multiple Integrated Laser Engagement System), призначеної для імітації умов реального бою в тактичній підготовці. Передбачалося впровадження системи JTLS–GO (Joint Theater Level Simulation – Global Operations), яка, на відміну від JCATS, має широкий функціонал на оперативному рівні.

Багато досліджень і публікацій, зокрема і вітчизняних науковців, присвячено проблемам розвитку Збройних Сил, організації ефективної системи управління військами, автоматизації процесів управління із застосуванням моделі єдиного інформаційного простору (ЄІП), використання можливостей моделюючих комплексів при створення АСОУ спеціального призначення.

Проблемам моделювання СОУ та створенню комп’ютерних моделюючих комплексів, як спеціалізованих засобів моделювання, що надають інструментарій для проведення комплексного дослідження та оцінки ефективності створюваних АСОУ шляхом їх аналізу, дослідження процесів взаємодії, прогнозування змін у функціонуванні, передбачення переходу у небажані стани і запобігання цим процесам, присвячено роботи [12, 18].

Засади створення та застосування комп’ютерних МК для моделювання процесів управління АСОУ спеціального призначення були запропоновані та

викладені в численних публікаціях науковців Інституту проблем реєстрації інформації НАН України (ІПРІ НАН України).

У [19] розглянуто питання побудови структури СОУ авіаційним комплексом (АК) та інформаційної взаємодії її елементів у процесі функціонування СОУ АК. У роботі [20] розглядаються принципи побудови, структура комп'ютерної моделі та технологія комп'ютерного моделювання, орієнтовані на створення СОУ АК. У [21] досліджено питання щодо побудови інтегрованої інформаційної системи, що забезпечує збір, накопичення, обробку, пошук та подання інформації в інтересах органів управління спеціального призначення. У статті [22] розглядається процес комп'ютерного моделювання системи управління мобільним АК, що базується на рухомому аеродромі. У [23] розглянуто функціональні можливості комп'ютерного моделюючого комплексу при моделюванні процесів автоматизованого управління АК на прикладі вирішення комплексної функціональної задачі «Виконання планової таблиці польотів». Робота [24] присвячена питанням побудови узагальненої структури інформаційної системи організаційного управління. У роботі [25] розглядається процес управління моделюванням при вирішенні функціональних завдань на АРМ комп'ютерної моделі СОУ АК.

Вперше питання актуальності створення моделюючого комплексу для відпрацювання основних проєктних рішень, що дозволять створити автоматизовану систему управління, що інтегрує в єдиний інформаційний контур органи управління стратегічного, оперативного та тактичного рівнів, розглянуто в роботі [26].

Теоретичні напрацювання реалізовано у розробленні та створенні моделюючих комплексів, які розгорнуто в ІПРІ НАН України, а саме: МК АСУ АК – Моделюючого комплексу автоматизованої системи управління авіаційним комплексом; МК КСУ КЗ – Моделюючого комплексу командної системи управління корабельним з'єднанням; МК АСУ СЗ ЗСУ – Моделюючого комплексу для створення автоматизованої системи управління силами і

засобами ЗСУ, що інтегрує в єдиний інформаційно–функціональний контур органи управління стратегічного, оперативного і тактичного рівнів управління.

Не зважаючи на вагомий внесок вітчизняних науковців, велика кількість проблем, пов'язаних з теорією і практикою моделювання процесів функціонування АСОУ військового призначення із застосуванням КМК в інтересах ЗС України залишаються недостатньо апробованими або невирішеними, що обумовлює необхідність їх розв'язання та подальшого розвитку.

2.6 Існуючі проблеми формування комп'ютерних моделюючих комплексів систем організаційного управління

Про розробленні та створенні КМК СОУ виникають проблеми, які можна класифікувати за такими основними категоріями:

1. Технічні проблеми

- Складність інтеграції: різні програмні компоненти часто важко інтегрувати в єдиний комплекс через різні стандарти та протоколи.
- Обмежена масштабованість: деякі системи не можуть легко масштабуватись під збільшення обсягу даних або користувачів, що призводить до втрати продуктивності.
- Низька сумісність: програмні компоненти часто не сумісні з існуючими інформаційними системами або інфраструктурою організації.

2. Методологічні проблеми

- Недостатня точність моделей: моделі можуть не враховувати всі аспекти реальних систем, що призводить до помилкових прогнозів або рекомендацій.
- Складність валідації: перевірка точності та адекватності моделей може бути складною і вимагати значних ресурсів.
- Одновимірність підходів: багато методів використовують спрощені підходи, не враховуючи багатофакторність реальних систем управління.

3. Організаційні проблеми

- Опір змінам: співробітники організацій можуть чинити опір впровадженню нових інформаційних технологій через страх змін або недовіру.
- Недостатнє навчання персоналу: недостатня кваліфікація персоналу може призвести до неправильної експлуатації системи або неефективного використання її можливостей.
- Брак людських ресурсів: впровадження та підтримка складних моделюючих комплексів вимагає значних людських ресурсів.

4. Безпекові проблеми

- Вразливість до кіберзагроз: комп'ютерні моделюючі комплекси можуть стати мішенню для кібератак, що загрожує безпеці даних і стабільності системи.
- Захист конфіденційної інформації: збереження конфіденційних даних в моделюючих комплексах потребує надійних заходів безпеки, які не завжди належним чином реалізовані.

5. Економічні проблеми

- Фінансові витрати: розроблення, впровадження та підтримка моделюючих комплексів можуть вимагати значних фінансових витрат.

Висновки до розділу 2

У даному розділі розглянуто теоретичні та практичні аспекти формування комп'ютерних моделюючих комплексів.

Визначено основні поняття та наведена класифікація комп'ютерних моделюючих комплексів: за типом моделювання; за методом реалізації; за предметною областю; за призначенням; за рівнем інтерактивності; за способом представлення результатів.

Визначено, що незалежно від галузевої спрямованості, КМК СОУ забезпечують: відпрацювання базових проектних рішень щодо створення СОУ (системних, конструкторських, програмних, технологічних, інструментальних); аналіз та оцінку різних варіантів організаційно-функціональної структури майбутньої СОУ; моделювання та прогнозування поведінки об'єктів

управління та системи в цілому при впливі непередбачуваних факторів різного походження; створення та адаптацію АРМ користувачів до вимог посадових осіб різних рівнів управління; розроблення конструкторсько–технологічної документації для створення СОУ; поетапне впровадження функціональних автоматизованих компонентів системи управління; тренаж та підготовку посадових осіб для розв’язання завдань організаційного управління.

Розглянуто основні принципи побудови КМК, а саме: модульність; масштабованість; гнучкість та адаптивність; інтегрованість; надійність, відмовостійкість та живучість; безпека; ефективність; зручність користувача; стандартизація.

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

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. Показано, що, не зважаючи на вагомий внесок вітчизняних науковців, велика кількість проблем, пов’язаних з теорією і практикою моделювання процесів функціонування АСОУ військового призначення із застосуванням КМК в інтересах ЗС України, залишаються недостатньо апробованими або невирішеними, що обумовлює необхідність їх розв’язання та подальшого розвитку.

Визначено основні проблеми, що виникають при створенні КМК: технічні; методологічні; організаційні; безпекові та економічні.

Таким чином, дослідження підтверджує, що успішне формування комп’ютерних моделюючих комплексів СОУ вимагає застосування підходів та методів, що враховують різноманітні аспекти розроблення, впровадження та експлуатації таких систем.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЮЮЧИХ КОМПЛЕКСІВ СИСТЕМ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ

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 цьому розділі дисертаційної роботі розглянуто та запропоновано базові методи побудови та формування КМК (модульний, інтеграційний, сценарний), вибір яких обумовлено їх застосуванням і апробацією на практиці, що дозволяє рекомендувати їх для розроблення КМК СОУ у різних предметних галузях.

Кожен з цих методів має свої сильні сторони, але окремо вони не здатні повністю задовольнити вимоги до складних СОУ, зокрема - спеціального призначення. Складність і динамічність сучасних СОУ, необхідність забезпечення їх адаптації до змін, інтеграції різнорідних моделей, алгоритмів, джерел даних, потреба у підвищенні ефективності, надійності та живучості вимагають створення та застосування методів, які б поєднали переваги базових методів.

В роботі запропоновано нові, комбіновані, методи: модульно-інтеграційний, модульно-сценарний та модульно-інтеграційно-сценарний, які розширюють можливості зазначених підходів, поєднуючи динамічну модульну архітектуру з інтеграційною компонентою та адаптивним сценарним управлінням, що дозволяє аналізувати альтернативні варіанти розвитку подій в СОУ.

3.1 Модульний метод

Підхід із використанням модулів, які за певними правилами та принципами поєднуються в загальну систему чи доповнюють один одного, характерний для багатьох автоматизованих систем.

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.

3.1.1 Функції модульного підходу

Модульний підхід виконує відразу кілька функцій: впроваджувальну, технічну, адміністративну, безпекову, методологічну.

Впроваджувальна функція. Впровадження програмного забезпечення як продукту інтелектуальної праці – завжди складне завдання. Зважаючи на стрімкий розвиток сучасних інформаційних технологій, це завдання ускладнилося. Модульний підхід під час побудови програмного забезпечення дозволяє скомпонувати кінцевий працюючий продукт протягом короткого часу завдяки організації паралельного розроблення та впровадження окремих модулів.

Технічна функція. Поділ на підсистеми (модулі) уможлиблює оновлення окремих модулів програмного комплексу без потреби втручання в роботу інших підсистем. Також модульний підхід дозволяє розширювати функціональні можливості автоматизованої системи.

Адміністративна функція. Модульний підхід дозволяє забезпечити зручність конфігурації та налаштування системи, дозволяє формувати гнучку функціональну структуру системи на всіх її рівнях, дозволяє формувати АРМ користувачів як сукупність модулів, що реалізують певні завдання.

Безпекова функція. Окремо слід наголосити на тому, що модульний принцип побудови системи дозволяє застосовувати механізми локалізації, реконфігурації та реорганізації для перебудови системи при настанні негативних впливів, тим самим забезпечуючи її живучість та можливість виконувати базові функції при виході з ладу окремих елементів системи.

Методологічна функція. Поділ на підсистеми, що максимально відображають сфери діяльності підрозділів, пришвидшує процес ознайомлення користувача з програмним продуктом, полегшує оволодіння практичними навичками користувачів у роботі з системою. У першу чергу це зумовлено зручним відображенням об'єктів предметної області в структурі АСОУ.

3.1.2 Сервіс-орієнтована архітектура, як реалізація модульного підходу

SOA (*Service-oriented architecture*) – модульний підхід до розроблення програмного забезпечення, що базується на використанні сервісів (служб) зі стандартизованими інтерфейсами. Є одним із основних підходів до реалізації принципів EAI (*Enterprise Application Integration, Інтеграція додатків підприємства*).

В основі SOA лежать принципи багаторазового використання функціональних інформаційно-комунікаційних технологічних елементів, ліквідації дублювання функціональності в ПЗ, уніфікації типових операційних процесів, забезпечення перенесення операційної моделі ділових процесів на централізовані процеси і функціональну організацію на основі промислової платформи інтеграції.

SOA надає гнучкий спосіб комбінування й багаторазового використання компонентів для побудови складних розподілених програмних комплексів. Основними принципами SOA є: відсутність прив'язки архітектури SOA до будь-якої певної технології; незалежність організації системи від обчислювальної платформи та мов програмування; використання сервісів, незалежних від конкретних програм, з однаковими інтерфейсами доступу до

них; організація сервісів як незначно пов'язаних компонентів для побудови систем.

Системи C4ISR (Command and Control (C2) – Communications – Computers – Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) – системи командування, контролю, зв'язку, комп'ютерів, розвідки, спостереження та рекогносцювання нового покоління, що орієнтовані саме на сервісну архітектуру. Функціонально сервіс C4ISR – це набір чітко визначених функціональних можливостей. Сервіси утворюють рівень, відокремлюючи операційну діяльність від організаційних механізмів ресурсів, таких, як люди та інформаційні системи. Нарешті, сервіси утворюють пул, який можна оркеструвати для підтримки операційної діяльності.

Процес обслуговування C4ISR може бути визначений як наступний кортеж:

$$SOAS = \{Service, IR\}$$

де $Service = \{s_i \mid 1 \leq i \leq s_n\}$ – множина сервісів,

$IR \in R^{(s_n) \times (s_n)}$ – визначає взаємодію між сервісами.

Для i -го сервісу $s_i = \{sname_i, sid_i, pftype_i, rmips_i, rram_i, rtpset_i, rcb_i\}$:

$sname_i$ – назва сервісу;

sid_i – номер;

$pftype_i$ – набір типів платформ, на яких може бути розгорнуто сервіс;

$rmips_i$ – вказує на вимогу служби до обробки інструкцій;

$rram_i$ – вимоги до пам'яті;

$rtpset_i$ – набір платформ, які повинні надавати вхідну інформацію для сервісу;

rcb_i – вимога до пропускної здатності зв'язку для відповідної передачі інформації.

Сервіси, які беруть участь у процесі C4ISR при виконанні бойового завдання, представлені на рисунку 3.1.

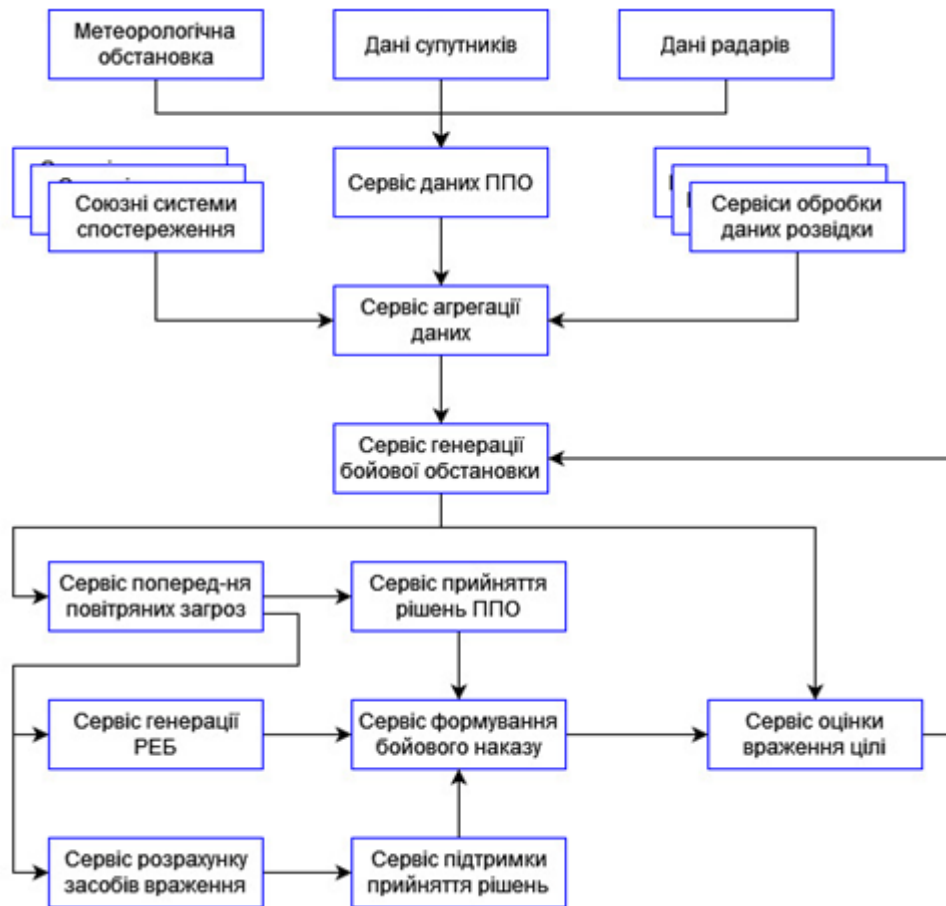


Рисунок 3.1 – Сервіси, які беруть участь у процесі командування, контролю, зв'язку, комп'ютерів, розвідки, спостереження та рекогностування (C4ISR)

Сервіси можуть бути класифіковані за наступними показниками: статус (наприклад, існуючий, запланований, потенційний, дезактивований); категорія (командування та управління, розвідка, персонал, матеріально–технічне забезпечення); рівень секретності (обмежено, конфіденційно, таємно, цілком таємно); тип інтерфейсу.

Для класифікації сервісів доцільно використовувати *таксономічну* та *фасетну* класифікацію.

Під таксономічною класифікацією мається на увазі введення назви сервісу у відповідне місце в традиційній ієрархічній таксономії, яка систематизує основні напрямки, до яких належить сервіс. Наприклад, сервіс обміну текстовими повідомленнями може бути класифікований як сервіс

обміну повідомленнями в межах більшого піддерева комунікаційних сервісів більш загального мережевого дерева або ієрархії.

Під фасетною класифікацією мається на увазі характеристика сервісу з точки зору набору атрибутів, виражених у вигляді слів або фраз. Для цього використовується набір питань, які підібрані для класифікації сервісу: Хто користується сервісом? Що робить сервіс? На що впливає сервіс? На кого загалом спрямований сервіс? Де, коли, для чого використовується сервіс?

Крім того, можна розглядати кожен сервіс як такий, що підтримує фазу *загального процесу управління* (наприклад, планування, збір даних, аналіз, прийняття рішень, моніторинг) або етап циклу OODA (спостереження, орієнтація, рішення, дія) Джона Бойда [42].

3.1.3 Математичне представлення модульного методу формування комп'ютерного моделюючого комплексу

Розглянемо комп'ютерний моделюючий комплекс СОУ, побудований із застосуванням модульного методу. Модульний метод полягає у функціональній та структурній декомпозиції системи на окремі ієрархічні модулі, а саме: 1. Підсистеми; 2. Автоматизовані робочі місця (АРМ); 3. Функціональні комплекси задач; 4. Функціональні задачі (докладно практична реалізація цього процесу описана у розділі 4.1).

Застосування модульного методу побудови КМК забезпечує можливість: формування КМК як сукупності підсистем; кожної підсистеми – як сукупності відповідних АРМ; кожного АРМ – як сукупності модулів реалізації окремих функцій (функціональних комплексів задач); кожної функції – як сукупності відповідних ФЗ, з визначенням повноважень і прав доступу користувачів АРМ до інформаційних ресурсів КМК.

Наведемо математичну модель такого КМК.

1–й варіант:

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 АСОУ (посадових осіб). 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

1) Ієрархія рівнів:

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

2) Функціональні залежності:

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

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

3) 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 допомогою модульного методу, можна представити як сукупність:

$$KMK = (S, A, F, T, f_{ij}, C),$$

де кожна складова відповідає певному рівню ієрархії та має визначену функціональність, а взаємозв'язки між елементами задають функціональну і інформаційну взаємодію.

Таким чином, задача формування КМК, побудованого за допомогою модульного методу, полягає у створенні такої конфігурації $KMK = (S, A, F, T, f_{ij}, C)$, сукупність елементів якої забезпечує виконання цільової функції АСОУ в залежності від поставленого завдання моделювання.

2-й варіант:

1. Ієрархічна структура системи

Нехай КМК складається з таких елементів:

- $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ – множина підсистем, де n – кількість підсистем.

- Для кожної підсистеми S_i існує множина АРМ посадових осіб

$$A_i = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{im_i}\}, \text{ де } m_i \text{ – кількість АРМ у підсистемі } S_i.$$

- Для кожного АРМ A_{ij} визначено множину функціональних комплексів задач $F_{ij} = \{F_{ij1}, F_{ij2}, \dots, F_{ijk_{ij}}\}$, де k_{ij} – кількість комплексів задач в АРМ A_{ij} .

- Кожен функціональний комплекс задач F_{ijl} містить множину функціональних задач $T_{ijl} = \{T_{ijl1}, T_{ijl2}, \dots, T_{ijlp_{ijl}}\}$, де p_{ijl} – кількість функціональних задач у комплексі F_{ijl} .

2. Формальний опис

КМК можна представити як 4–рівневу ієрархію:

$$КМК = \{(S_i, A_{ij}, F_{ijl}, T_{ijlm}) \mid i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m_i; l = 1, \dots, k_{ij}; m = 1, \dots, p_{ijl}\}.$$

Кожен рівень ієрархії описується наступним чином:

1. Підсистема S_i :

$$S_i = \{A_{ij} \mid j = 1, \dots, m_i\}.$$

2. АРМ A_{ij} :

$$A_{ij} = \{F_{ijl} \mid l = 1, \dots, k_{ij}\}.$$

3. Функціональний комплекс задач F_{ijl} :

$$F_{ijl} = \{T_{ijlm} \mid m = 1, \dots, p_{ijl}\}.$$

4. Функціональна задача T_{ijlm} – це атомарна одиниця роботи, яка вирішується в межах функціонального комплексу задач.

3. Зв'язки між елементами

Для кожного рівня ієрархії встановлено зв'язки:

- Вертикальні зв'язки між рівнями $S \rightarrow A \rightarrow F \rightarrow T$.
- Горизонтальні зв'язки між елементами одного рівня (наприклад, між підсистемами S_1 та S_2 , або між задачами T_{ijl1} та T_{ijl2}).

4. Функціональна модель задачі

Кожен елемент T_{ijlm} виконує конкретну функцію, описану математично:

$$T_{ijlm} = f_{ijlm}(x),$$

де x – вхідні дані, а f_{ijlm} – функція оброблення даних для задачі T_{ijlm} .

3.2. Інтеграційний метод

Основна мета інтеграційного 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.

3.2.1 Формалізація задачі розроблення комп'ютерних моделюючих комплексів СОУ, що інтегрують в єдиний інформаційний простір різнорідні складові

З точки зору системного аналізу системи організаційного управління (корпоративного, державного, міжнаціонального масштабу) належать до великих складних систем. Не намагаючись дати повне визначення таких систем, зазначимо, що великою називають таку систему, кількість станів якої та/чи кількість взаємозв'язків між її елементами комбінаторно великі чи незліченні. Під складною системою розуміють систему, що характеризується неоднорідністю (різнорідністю) її елементів та їх зв'язків і структурною різноманітністю (спеціалізацією) складових. Яскравим прикладом таких систем є система організаційного управління Збройними Силами.

Особливістю таких систем є те, що вони фактично ніколи не створюються з нуля, а є результатом тривалого еволюційного розвитку. Еволюційний розвиток призводить до отримання в результаті «життєздатного» варіанта системи (з урахуванням існуючих (створених) у процесі еволюції умов їх існування). Об'єктивним результатом цього ж процесу є те, що особливістю створення автоматизованої СОУ, яка б охоплювала автоматизацією всі основні процеси в заданій сфері управління, є наявність та використання в межах її структурних складових АСУ, які необхідно (бажано, доцільно) інтегрувати у створювану єдину автоматизовану СОУ.

Іншою особливістю таких систем є те, що вони завжди є ієрархічними (як організаційно, так і функціонально). Це не означає відсутності мережових зв'язків, однак визначає необхідність спеціалізації складових систем (підсистем) та ієрархічного розподілу завдань та цілей між ними. Як наслідок, у таких системах виділяють вертикальну та горизонтальну інтеграцію. Вертикальна здійснюється шляхом об'єднання АСУ різних ієрархічних рівнів. Горизонтальна – об'єднанням АСУ одного ієрархічного рівня.

Наявність АСОУ структурних складових надає низку початкових переваг: покращується поточний стан автоматизації; засоби, що використовуються для автоматизації кожного процесу, як правило, відповідають вимогам простоти, зручності та налаштовані на ефективне вирішення конкретної задачі (досягнення більш зрозумілої локальної мети); потенційно дешевша (менш ресурсозатратна) подальша автоматизація процесу функціонування системи; такі складові більш легко та швидко впроваджуються в процес управління; вони є відносно нескладні (більш прості) для освоєння персоналом.

Разом з тим, така «клаптикова» автоматизація створює низку серйозних проблем, а саме:

- виникає неузгодженість функціональних характеристик, форматів даних, інтерфейсів програмного забезпечення різних АСУ;
- існує часткове дублювання функціональності та значне дублювання даних;
- використовується багато точок введення одних і тих самих даних та відбувається їх незалежне існування (збереження, накопичення) і використання;
- відсутнє цілісне уявлення про стан системи та її зовнішнього середовища (середовища існування) та відбувається розпорошення власних ресурсів системи для реагування на їх зміни;
- спостерігається використання менш інтелектуальних систем, що пояснюється більш обмеженими можливостями структурних підрозділів щодо автоматизації власної діяльності та бажанням отримання швидкого результату;

- наявний різномірний склад програмних та апаратних засобів, що ускладнює задачу їх налагодження, адміністрування, підтримки у працездатному стані тощо;

- здійснення загальної оцінки поточного стану автоматизації об'єкту управління та оцінки системного ефекту від впровадження таких засобів автоматизації є більш проблематичними.

Однак розуміння наявності проблем «клаптикової» автоматизації не означає розуміння шляхів їх вирішення [27].

Задача аналізу наявності інформаційного та функціонального підґрунтя для інтеграції в єдину систему кожної з таких складових позицій, а також задача пошуку «технічних» процедур (вирішення технічних проблем) інтеграції існуючих автоматизованих систем в єдину автоматизовану СОУ можуть бути вирішені шляхом моделювання їх на КМК. При цьому при інтеграції складових АСОУ, по-перше, треба виходити із функціональності (множини функцій) кожного з ієрархічних рівнів системи, яка де-факто є результатом декомпозиції цільової функції в цілому, та, по-друге, встановлювати інформаційні потреби для вирішення кожної з множини функцій на кожному ієрархічному рівні.

Отже, для модельного представлення цих складових систем в КМК СОУ необхідно формування вичерпного переліку (множин):

- необхідної функціональності складових на кожному з ієрархічних рівнів системи;
- інформаційних потреб (інформаційних об'єктів) для реалізації функціональності системи на кожному ієрархічному рівні;
- функціональних та інформаційних можливостей існуючих та перспективних АСУ структурних складових системи.

З цією метою, дуже бажано, а фактично необхідно створити загальносистемний класифікатор інформаційних об'єктів (інформаційних образів (описів) реальних об'єктів) системи та класифікатор функцій системи.

3.2.2 Математичний опис складових елементів СОУ у КМК

Наведемо математичний опис (модель) складових СОУ на прикладі системи організаційного управління Збройними Силами (рис. 3.2).

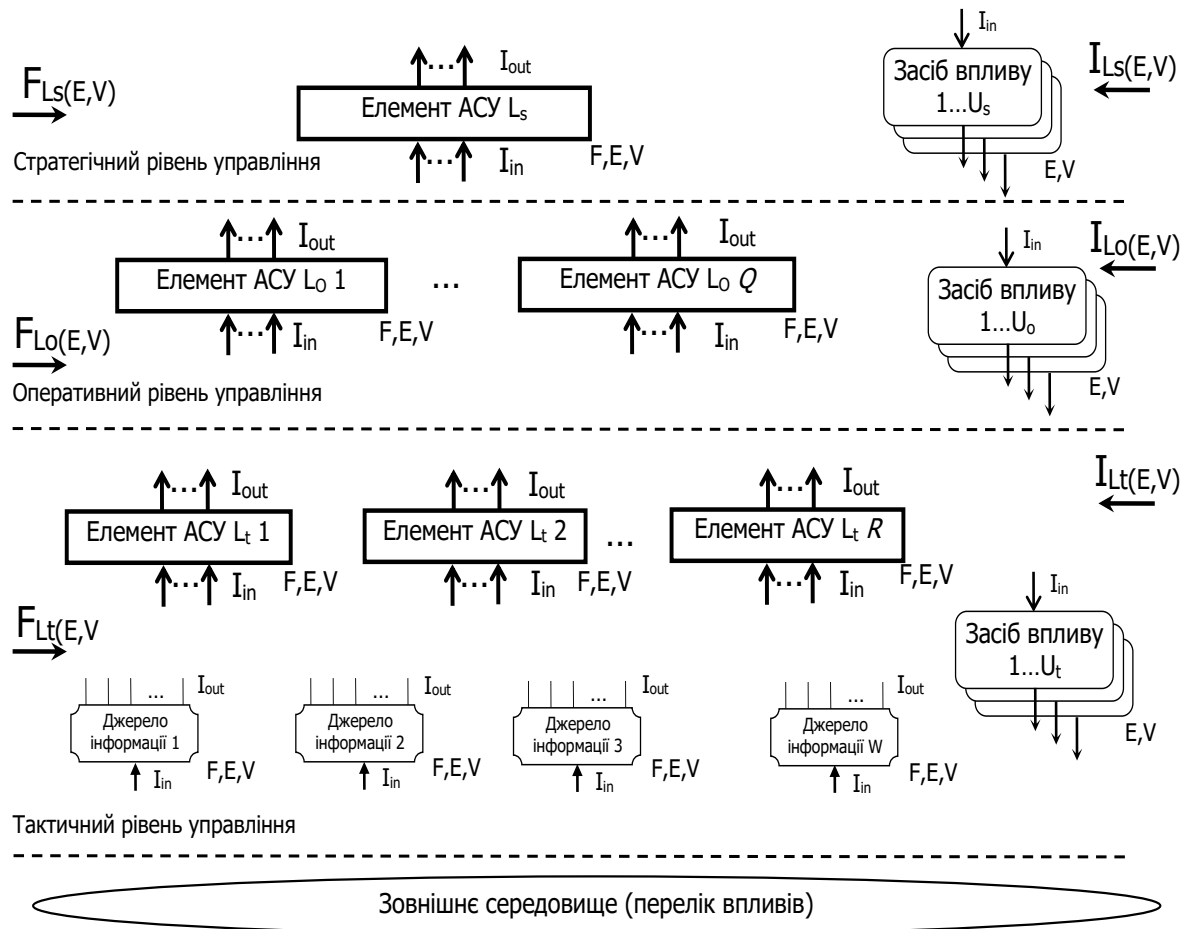


Рисунок 3.2 – Представлення функціональних елементів (АСУ) різних рівнів управління в КМК

У Збройних Силах виділяється три рівні управління: стратегічний, оперативний та тактичний. Кожний елемент СОУ, що вирішує задачі управління будь-якого рівня (тактичного, оперативного чи стратегічного), у КМК описуються множиною параметрів:

$$C = \{I_{in}, I_{out}, F, E, V, L\}, \quad (3.1)$$

де $I_{in} = \{I_{in1}, I_{in2}, \dots, I_{in n}\}$ – множина вхідних параметрів, необхідних для вирішення функціональних задач елементу (вимоги до якості інформації щодо кожної інформаційної складової);

$I_{out} = \{I_{out1}, I_{out2}, \dots, I_{out m}\}$ – множина вихідних параметрів, які продукує елемент та показники якості кожної інформаційної складової;

$F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ – множина функцій (задач), які реалізуються (вирішуються) 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 вирішувати свої задачі (реалізовувати свої функції) у середовищі E , та перелік обмежень, в рамках яких виконуються функції F із заданою якістю;

$L = \{\text{«t»}, \text{«o»}, \text{«s»}\}$ – рівень управління, до якого належить елемент.

Джерела інформації СОУ в рамках КМК описуються тією ж множиною параметрів:

$$D = \{I_{in}, I_{out}, F, E, V, L\}. \quad (3.2)$$

Засоби впливу на зовнішнє середовище описуються наступним чином:

$$U = \{I_{in}, F, E, V, L\}. \quad (3.3)$$

Множини вхідних інформаційних даних I_{in} кожного з елементів СОУ, окрім інформаційних одиниць, які необхідні для забезпечення вирішення власних задач F , містять сигнали управління, яких потребують елементи для активації процесу вирішення. Аналогічно множини I_{out} також містять сигнали управління, які виробляються відповідним елементом. Таким чином, через можливе «зв'язування» множин I_{in} , I_{out} різних елементів за відповідністю їх складових, модель допускає утворення як горизонтальних (мережевих) інформаційних зв'язків, так і зв'язків «знизу вгору» та «згори вниз» за ієрархією. При цьому необхідно враховувати територіальні можливості (обмеження) елементів V та перевіряти відповідність множин E елементів.

Перед формуванням (в процесі формування) множин I_{in} , I_{out} для кожного елемента моделі необхідно сформулювати їх загальний перелік для усіх елементів. Такі дії необхідні для вирішення задачі уніфікації в рамках моделі представлення інформаційних одиниць для виключення можливості різного

представлення одних і тих самих інформаційних складових для різних елементів. Також доцільно встановити деяку міру близькості різних інформаційних одиниць для аналізу (із залученням оператора), в процесі моделювання, варіантів можливого задоволення інформаційних потреб елементів, для яких не знайдене (відсутнє) повне співпадіння необхідних інформаційних одиниць.

Кожен елемент СОУ, представлений у моделі, у загальному випадку може вирішувати задачі у декількох складових середовища E . Тоді для кожного середовища (складової E) необхідно передбачити окремі множини I_{in} , I_{out} , F , V .

Вхідними даними моделі (окрім даних для опису елементів моделі) є дані, що є зовнішніми відносно системи, яка моделюється, а саме:

- $F_{L(E,V)}$ – вимоги до переліку функціональних задач, які мають вирішуватися сукупністю складових АСУ відповідного рівня з урахуванням (прив'язкою до) вимог щодо E та V ;

- $I_{L(E,V)}$ – перелік вхідної інформації, що надходить від інших (зовнішніх) систем та використовується (може використовуватися) елементами АСУ відповідного рівня у якості вхідної інформації – I_{in} .

Можливі складові множин F також мають бути уніфікованими, аналогічно складовим векторів I_{in} , I_{out} .

3.2.3 Метод інтеграції в єдиний інформаційний простір

3.2.3.1 Мета інтеграції в єдиний інформаційний простір

Основна мета інтеграції полягає в тому, щоб різні інформаційні системи та додатки працювали разом як єдина, гармонійна система, що дозволяє ефективно обмінюватися даними та ресурсами, тобто інтегрувати їх у *єдиний інформаційний простір*. Це допомагає зменшити дублювання даних, підвищити їх точність та забезпечити єдине для всіх користувачів представлення про наявність та стан ресурсів системи та ситуації, що склалася.

Аналіз механізмів та принципів організації систем управління та контролю С4ISR та оборонними ресурсами в країнах НАТО показує наступні

базові стратегії їх практичної реалізації [28–31], що орієнтовані на загальну інтеграцію цих систем в єдиний інформаційний простір:

1. Орієнтація на програми розвитку єдиних принципів організації, розроблення та надання інформаційно–технологічних послуг.

2. Орієнтація на використання національних галузевих стандартів та протоколів передачі інформації.

3. Орієнтація на використання міжнародних галузевих стандартів щодо комунікаційно–інформаційних систем (CIS) та протоколів передачі інформації в системах, що сформовані згідно з принципами та вимогами АJP–4 «Доктрина об'єднаних сил НАТО щодо логістичної підтримки» та АJP–6 «Доктрина об'єднаних сил НАТО щодо комунікаційних та інформаційних систем» [32, 33].

В Україні також усвідомлюють необхідність створення єдиного інформаційного простору, в якому б функціонували системи, призначені для автоматизації задач різних сфер та рівнів військового управління. У рамках створення Єдиної автоматизованої системи управління ЗС України було розроблено концепцію, згідно з якою пропонувалося інтегрувати системи C4ISR (Автоматизовану систему оперативного (бойового) управління ЗС України) та DRMIS (Єдину інформаційну систему управління оборонними ресурсами) на основі Інтеграційної шини, однак, на жаль, повноцінної інтеграції не відбулося. Це обумовлює необхідність подальших кроків на цьому шляху, зокрема, вироблення та опрацювання (на КМК) рішень щодо підходів та способів інтеграції існуючих та перспективних АСУ військового призначення до єдиного інформаційного простору.

3.2.3.2 Основні підходи до інтеграції

Існує багато підходів до інтеграції інформаційних систем, серед яких можна виділити наступні.

API (Application Programming Interface) та веб–служби: цей підхід використовує програмовані інтерфейси та веб–служби для забезпечення взаємодії між різними системами. Вони дозволяють системам обмінюватися

даними та функціональністю через мережу. Цей підхід дозволяє взаємодіяти з системами незалежно від їх мов програмування та платформ.

Проміжне програмне забезпечення (Middleware): програмні засоби, що дозволяють системам спільно працювати, надаючи засоби для обміну даними та взаємодії. Вони можуть бути використані для створення з'єднань між різними системами та перетворення даних для сумісності.

ETL (Extract, Transform, Load): ETL – це процес, у якому дані видобуваються (extracted) з однієї системи, перетворюються (transformed) у потрібний формат і завантажуються (loaded) в іншу систему. Цей підхід часто використовується для інтеграції даних між різними джерелами, такими, як бази даних, дата-сховища тощо.

ELT (Extract, Load, Transform): ELT відрізняється від ETL послідовністю виконуваних дій. Дані спочатку отримують (extracted) та завантажують (loaded), а лише потім обробляють (transformed). Ця модель забезпечує високу швидкість обробки великих масивів асинхронних даних. Для цього вона залучає ресурси хмарних обчислень, які можна масштабувати без використання локального обладнання.

EAI (Enterprise Applications Integration): EAI – це використання програмного забезпечення та принципів архітектури комп'ютерних систем для інтеграції набору корпоративних комп'ютерних програм. В рамках даного типу інтеграції здійснюється об'єднання функцій одного додатку з іншим. Для цього застосовуються інструменти EAI, які дозволяють з'єднувати різні спеціалізовані рішення в єдину інтегровану корпоративну систему.

Message Queues: спеціалізовані системи черг повідомлень дозволяють системам взаємодіяти через асинхронний обмін повідомленнями. Цей підхід корисний для створення надійних та високопродуктивних систем обміну даними.

Інтегровані платформи: деякі постачальники пропонують інтегровані платформи, які включають інструменти та сервіси для інтеграції різних систем.

Вони можуть включати побудову API, обмін даними, а також інструменти для управління процесами та моніторингу.

Стандарти та протоколи: використання стандартів та протоколів, таких як SOAP, REST, XML, JSON та інших, може спростити інтеграцію між системами, оскільки ці стандарти розповсюджені та добре підтримуються.

Вибір підходу до інтеграції залежить від конкретних вимог та умов конкретного проєкту і може включати комбінацію різних методів для досягнення оптимального результату.

3.2.3.3 Технології інтеграції ETL та ELT

Технологія ETL. Розглянемо докладніше технологію ETL, як підхід, що був використаний на практиці при формуванні оперативної частини інформаційного ресурсу МК зовнішніми джерелами інформації. ETL (*Extract – Transform – Load, Вилучення – Перетворення – Завантаження*) (рис. 3.3) – це автоматизований процес, який бере необроблені дані з визначених інформаційних джерел; виконує кроки, необхідні для початкового очищення даних; витягує інформацію, необхідну для аналізу, або інших дій; перетворює її у формат відповідно до потреб споживачів і завантажує у сховище даних.

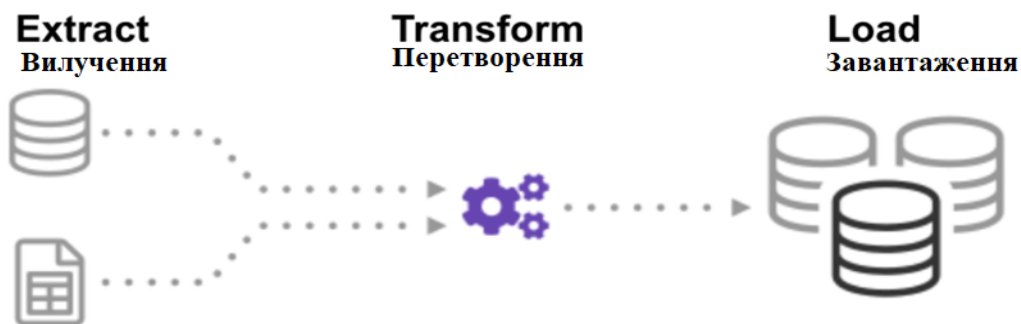


Рисунок 3.3 – Складові процесу ETL

Під складовими частинами цього процесу розуміється наступне:

- *Вилучення (Extract):* під час вилучення даних необроблені дані копіюються або експортуються з джерел даних до проміжної області зберігання. Скрипти керування даними можуть отримувати дані з різноманітних джерел даних, які можуть бути структурованими чи

неструктурованими. Ці джерела включають, але не обмежуються: сервери SQL або NoSQL; CRM та ERP системи; плоскі файли; електронну пошту; прикладні програмні інтерфейси (API);

- *Перетворення (Transform)*: у проміжній області необроблені дані проходять обробку. Тут дані перетворюються та консоліднуються для запланованого подальшого використання. Цей етап може включати такі задачі: фільтрування, очищення, видалення дублікатів, перевірка даних; виконання обчислень, перетворень або узагальнень на основі необроблених даних. Може включати зміну заголовків рядків і стовпців для узгодженості, конвертацію систем координат або інших одиниць вимірювання, редагування текстових рядків тощо; проведення аудитів для забезпечення якості та відповідності даних; видалення, шифрування або захист даних, які регулюються галузевими або державними регуляторами; форматування даних у таблиці або об'єднані таблиці відповідно до схеми цільового сховища даних.

- *Завантаження (Load)*: на цьому останньому кроці перетворені дані переміщуються з проміжної області в цільове сховище даних. Як правило, це передбачає початкове завантаження всіх даних з подальшим періодичним завантаженням поступових змін даних і, рідше, повним оновленням для видалення та заміни даних у сховищі.

Процес ETL є автоматизованим, чітко визначеним, безперервним і пакетним. Зазвичай ETL відбувається в неробочий час, коли трафік є найнижчим.

Технологія ELT. ELT (*Extract – Load – Transform, Вилучення – Завантаження – Перетворення*) (рис. 3.4) є більш сучасною у порівнянні з ETL–технологією інтеграції. Застосування ELT обумовлено необхідністю розширення функціонального складу задач МК (зокрема, задач: створення бази метаданих, які описують існуючі джерела інформації та інформацію, яку ці джерела надають; використання можливостей пошуку потрібної інформації в базі метаданих; підтримка завантаження великих обсягів даних,

структурованих, напівструктурованих та неструктурованих, до «озер даних»; організація доступу до «озер даних»).

Озеро даних – це централізоване сховище, яке дозволяє зберігати структуровані, напівструктуровані, а також неструктуровані дані будь-якого масштабу. Тут можна зберігати отримані дані як є, не піддаючи їх спочатку структуруванню або іншій трансформації, а надалі запускати потрібні типи аналітики – від інформаційних панелей і візуалізації до обробки великих обсягів даних, аналітики в реальному часі та машинного навчання для прийняття кращих рішень.

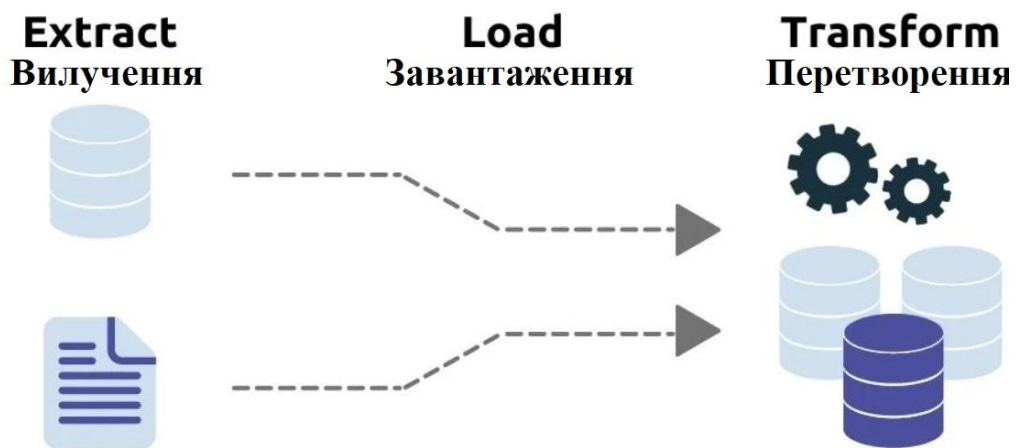


Рисунок 3.4 – Складові процесу ELT

Згідно ELT усі процеси очищення, перетворення та збагачення даних відбуваються вже в сховищі даних. Можна взаємодіяти з необробленими даними та перетворювати їх стільки разів, скільки потрібно.

Технологія ELT є стандартним вибором для сучасного аналізу даних. Однак, інколи технологія ETL може вигравати порівняно з ELT в наведених нижче сценаріях використання.

Застарілі бази даних. Іноді більш вигідно використовувати ETL для інтеграції із застарілими БД або сторонніми джерелами даних із заздалегідь визначеними форматами даних. Потрібно лише один раз трансформувати та завантажити набір даних у свою систему. Після перетворення можна ефективніше використовувати його для подальшої аналітики.

Експериментальне моделювання. КМК передбачає проведення експериментального моделювання процесів обробки даних, наприклад, при появі нових джерел даних для аналітики або для випробовування нових рішень, для відповіді на запити споживачів. ETL зручний в експериментах з даними, щоб зрозуміти актив даних і його корисність у певному сценарії моделювання.

Комплексна аналітика. ETL і ELT можна використовувати разом для комплексної аналітики, яка використовує різні формати даних з різних джерел. При цьому можна налаштувати конвеєри ETL з одних джерел, а з іншими використовувати ELT. Це покращує ефективність аналітики та в деяких випадках підвищує продуктивність застосунку.

Використання застосунків IoT. Застосунки Інтернету речей (IoT), які використовують потокові дані датчиків, часто виграють при використанні ETL замість ELT. Для прикладу можна навести такі випадки використання: потрібно отримувати дані за різними протоколами і перетворювати їх у стандартні формати даних для використання в робочих навантаженнях; потрібно фільтрувати високочастотні дані, виконувати функції усереднення великих наборів даних, а потім завантажувати усереднені або відфільтровані значення зі зниженою швидкістю; потрібно обчислити значення з різнорідних джерел даних на локальному пристрої та надіслати відфільтровані значення до сервера; потрібно очистити, видалити дублікати або заповнити відсутні елементи даних часових рядів.

3.2.3.4 Автоматизація управління процесами інтеграції даних у ЄП

Технологія DataOps. Процес спільного управління даними, спрямований на покращення зв'язку, інтеграції та автоматизації потоків даних між постачальниками та споживачами даних, отримав назву DataOps (*Data Operations*).

Мета DataOps полягає в тому, щоб зменшити витрати на керування даними, покращити якість даних і швидше надати інформацію аналітикам і бізнес-користувачам. DataOps використовує технологію для автоматизації проектування, розгортання та керування доставкою даних з відповідних рівнів

управління, а також використовує метадані для покращення зручності використання та цінності даних у динамічному середовищі.

DataOps зосереджена на створенні конвеєрів даних, які постійно передають дані та створюють інформацію для кінцевих користувачів. Цей процес може включати створення застосунків для перетворення та відображення даних [34–39].

Конвеєр даних – це послідовність кроків на шляху, який проходить група даних від однієї системи до іншої. Іноді ці шляхи змінюють дані, а іноді дані залишаються незмінними. Цей процес передбачає отримання необроблених даних із багатьох джерел даних і подальшу передачу їх у сховище даних, наприклад, *озеро даних* або *сховище даних*, для аналізу. Якщо дані потрібно імпортувати на платформу даних, вони завантажуються на початку конвеєра. Кожен з етапів дає результат, який служить входом для наступного етапу. Це триває до тих пір, поки не буде побудований весь конвеєр. У деяких випадках незалежні кроки можуть збігатися [40]. Існує два основних типи конвеєрів даних: пакетна обробка та конвеєри поточкових даних у реальному часі [41]. Пакетна обробка – це конвеєр, який виконується переважно вручну і через рівні проміжки часу. Конвеєр даних у реальному часі – це конвеєр, який передає дані в реальному часі або миттєво.

Інструменти управління процесами інтеграції даних. Перелік популярних інструментів інтеграції даних наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Інструментарій інтеграції даних

№ з/п	Назва	Призначення	Детальні відомості/посилання
1	Apache Airflow	Платформа для створення, планування та моніторингу конвеєрів даних.	https://airflow.apache.org/docs/
2	Talend	Інструмент інтеграції та керування даними, який можна використовувати для автоматизації конвеєрів даних.	https://coderlessons.com/tutorials/bolshie-dannye-i-analitika/uchim-talend/talend-kratkoe-rukovodstvo
3	Apache Nifi	Інструмент інтеграції даних, який можна використовувати для автоматизації переміщення та перетворення даних.	https://nifi.apache.org/docs/nifi-docs/html/overview.html

№ з/п	Назва	Призначення	Детальні відомості/посилання
4	Apache Kafka	Розподілена потокова платформа, яку можна використовувати для збору та обробки даних у режимі реального часу.	https://kafka.apache.org/documentation/
5	Apache Hadoop	Розподілена файлова система та структура обробки даних, які можна використовувати для зберігання та обробки великих обсягів даних.	https://hadoop.apache.org/
6	DataRobot	Платформа автоматизованого машинного навчання, яку можна використовувати для створення та розгортання моделей машинного навчання.	https://docs.datarobot.com/
7	Dataiku	Платформа даних, яку можна використовувати для створення, розгортання та керування конвеєрами даних і моделями машинного навчання.	https://doc.dataiku.com/dss/latest/release_notes/9.0.html
8	Trifacta	Інструмент підготовки даних, який можна використовувати для очищення, трансформації та підготовки даних для аналізу.	https://docs.trifacta.com/display/SS/Product+Overview
9	Apache Ranger	Інструмент для управління безпекою даних і контролю доступу.	https://ranger.apache.org/index.html
10	Palantir Gotham	Платформа для інтеграції різномірних даних з багатьох джерел та їх уніфікації для подальшого аналізу.	https://www.palantir.com/platforms/gotham/
11	Informatica	Набір інструментів, що забезпечує автоматизований, масштабований збір даних та високу продуктивність інтеграції даних за рахунок власних механізмів штучного інтелекту.	https://www.informatica.com/products/data-integration.html
12	Microsoft Data Transformation Services	Набір об'єктів і утиліт, що дозволяють автоматизувати операції вилучення, перетворення та інтеграції даних.	https://learn.microsoft.com/en-us/openspecs/sql_data_portability/ms-dts/67546106-e1bf-498c-a174-51bf07465801
13	SQL Server Integration Services	Платформа для створення рішень для інтеграції та перетворень даних.	https://learn.microsoft.com/en-us/sql/integration-services/sql-server-integration-services?view=sql-server-ver16&redirectedfrom=MSDN

Важливим доповненням до інфраструктури створення єдиного інформаційного простору на різних етапах роботи з даними є також системи управління конвеєрами даних (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Інструментарій управління конвеєрами даних

№ з/п	Назва	Призначення	Детальні відомості/посилання
1	Flyte	Система машинного навчання й обробки даних. Є комплексною платформою, яка розроблена для уніфікації даних, отримання даних для машинного навчання (ML) і аналітичних даних.	https://docs.flyte.org/projects/cookbook/en/latest/index.html
2	Prefect	Сучасне хмарне рішення з відкритим кодом для керування процесом роботи з даними, кероване механізмом робочого процесу Prefect Core.	https://docs.prefect.io/2.11.3/cloud/
3	Control– M	Рішення є платформою для наскрізної оркестрації взаємодії застосунків, передачі документів і потоків даних.	https://www.bmc.com/it-solutions/control-m.html
4	Dagster	Платформа оркестровки з відкритим вихідним кодом нового покоління для розробки, виробництва та моніторингу активів даних.	https://docs.dagster.io/tutorial
5	Datacoral	Наскрізна платформа конвеєра даних із багатим набором з'єднувачів для прийому даних із різних джерел, налаштованими перетвореннями для створення аналітичних даних у сховищі та засобами публікації для надсилання даних із сховища у зовнішні системи.	https://docs.datacoral.com/home/

3.2.3.5 Інформаційна та функціональна сумісність

Інформаційна та функціональна сумісність – два різні аспекти, пов'язані із сумісністю програмного забезпечення, систем або пристроїв. Вони є важливими при інтеграції чи оновленні технологічних рішень в організації.

Інформаційна сумісність. Інформаційна сумісність забезпечує здатність різних систем або програмного забезпечення обмінюватися та інтерпретувати дані правильно та безперешкодно. Це гарантує, що дані можуть передаватися і розумітися різними платформами, програмами чи пристроями без втрати інформації чи цілісності.

Інформаційна сумісність передбачає: сумісність форматів даних (забезпечення того, щоб формати даних, що використовуються різними системами, були взаємозрозумілими та могли б точно інтерпретуватися без втрати чи пошкодження даних); сумісність протоколів (забезпечення сумісності протоколів зв'язку, що використовуються різними системами або пристроями, що дозволяє їм ефективно спілкуватися та обмінюватися даними); цілісність та безпеку даних (забезпечення безпеки та недоторканості даних під час передачі, а також вжиття належних заходів для захисту конфіденційної інформації від несанкціонованого доступу чи втручання).

Функціональна сумісність. Функціональна сумісність означає здатність інформаційних систем, програмного забезпечення або їх компонентів працювати разом без конфліктів чи проблем, дозволяючи їм бездоганно виконувати призначені функції.

Функціональна сумісність передбачає сумісність функцій (гарантія того, що системи можуть працювати разом і використовувати функціональні можливості або функції один одного без будь-яких конфліктів або проблем із продуктивністю); сумісність апаратного та програмного забезпечення (забезпечення того, що компоненти апаратного та програмного забезпечення, що використовуються в системі, сумісні та можуть оптимально функціонувати разом); сумісність API (забезпечення сумісності інтерфейсів прикладного програмування, які використовуються різними програмними засобами або системами, що дозволяє їм взаємодіяти та безперешкодно інтегруватися).

Досягнення як інформаційної, так і функціональної сумісності має вирішальне значення для забезпечення безперебійної роботи та ефективної комунікації різних технологій усередині організації. Вирішення цих проблем

передбачає детальне планування, тестування та впровадження стандартних протоколів та форматів для полегшення безперебійного обміну даними та системної інтеграції.

3.2.3.6 Використання стандартів інтеграції

Для створення ЄІП між різними складовими АСОУ необхідно використовувати:

1. *Технічні стандарти* – це офіційні угоди щодо спільної реалізації технічного рішення. Вони зазвичай використовуються при проєктуванні або впровадженні нового обладнання. Стандарти можуть застосовуватись до технічних чи експлуатаційних процедур.

2. *Процедури конфігурації та експлуатації* – це набори правил, які дають змогу системі, що технічно здатна обмінюватися інформацією, зробити обмін шляхом зміни конфігурації або створення відповідних механізмів.

3. *Шлюзи* – це комунікаційні або комп'ютерні інтерфейси, які вирішують проблеми технічної або процедурної інтеоперабельності. Є два основних типа шлюзів: шлюзи з технічними інтерфейсами, що змінюють характер даних для того, щоб зробити їх спроможними для обміну між різними системами або обладнанням; шлюзи інформаційного обміну, що обслуговують підключення різних доменів безпеки, для перевірки та фільтрування інформації.

Стандарти інтеграції НАТО

Дотримання стандартів НАТО є важливою умовою для створення сучасних СОУ військового призначення в Україні.

JC3IEDM (Joint Command, Control and Consultation Information Exchange Data Model) – модель даних інформаційного обміну управління та контролю, підвідомча адміністрації МІР. Ця модель розроблена за участі експертів з різних країн–партнерів НАТО з Партнерства заради миру і представлена в якості стандарту для обміну інформацією.

Взаємодія командування та управління з симуляцією (C2SIM) – група стандартів, що розвивається, призначених для обміну планами, наказами та звітами між системами командування та управління (C2), системами

моделювання та роботизованими й автономними (RAS) системами (рис. 3.5). У той час, як інші стандарти та методології зосереджуються на інформаційній сумісності C2–C2, Sim–Sim, C2–RAS окремо, C2SIM є єдиним міжнародним стандартом інформаційної сумісності всіх трьох класів систем.

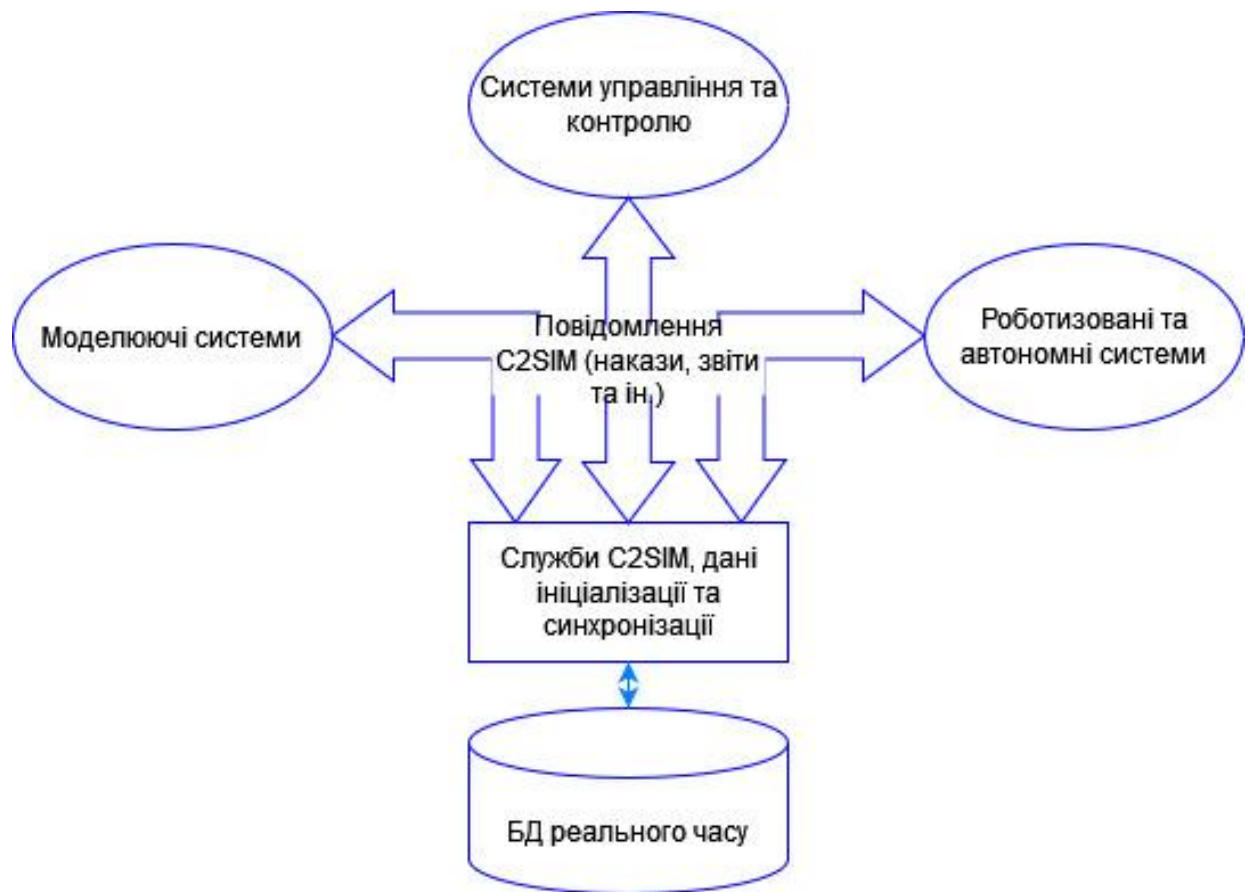


Рисунок 3.5 – Використання C2SIM

Альтернативний метод розроблення та обміну (ADEM)

ADEM (Alternate Development and Exchange Method) – альтернативний метод розроблення та обміну. Специфікація ADEM є доповненням до специфікації механізму обміну даними MIP (DEM), пропонуючи альтернативні або додаткові засоби обміну для тих систем, для яких реалізація повного рішення MIP DEM непрактична або не бажана.

Специфікація ADEM містить повний набір документації, що визначає інформаційні конструкції та моделі обміну, необхідні для автоматизованого обміну інформацією. Інформаційні конструкції використовують семантику

JC3IEDM, але спрощену для простоти впровадження, та містять при цьому частини JC3IEDM, що використовуються найчастіше.

Специфікація ADEM пропонує використання кількох шаблонів інформаційного обміну, які зазвичай використовують розробники систем. Метою є не призначення єдиного механізму обміну, а радше можливість обрати найбільш відповідний спосіб, який підходить виконавцю.

Обмін даними з використанням JSON та GeoJSON

JSON (*JavaScript Object Notation*, укр. запис об'єктів JavaScript, вимовляється дж'ейсон) – це текстовий формат обміну даними між комп'ютерами. JSON базується на тексті, може бути прочитаний людиною. Формат дає змогу описувати об'єкти та інші структури даних; використовується переважно для передачі структурованої інформації через мережу (завдяки процесу, що називають серіалізацією).

JSON знайшов своє головне призначення в написанні сервісів, а саме – при використанні технології AJAX. JSON, що використовується в AJAX, виступає як заміна XML (використовується в AJAX) під час асинхронного пересилання структурованої інформації між клієнтом та сервером. При цьому перевагою JSON перед XML є те, що він дозволяє складні структури в атрибутах, займає менше місця і прямо інтерпретується за допомогою JavaScript в об'єкти.

GeoJSON – відкритий формат, призначений для зберігання географічних структур даних, заснований на JSON. Формат може зберігати примітивні типи для опису географічних об'єктів, а саме: точки (адреси та місця розташування), лінії (вулиці, шосе, кордони), полігони (країни, ділянки землі). Також можуть зберігатися так звані мультитипи, які представляють собою об'єднання декількох примітивних типів.

Формат GeoJSON відрізняється від інших стандартів ГІС тим, що він був написаний і підтримується не організацією зі стандартизації, а робочою групою розробників. Подальшим розвитком GeoJSON є TopoJSON, розширення

GeoJSON, яке кодує геопросторову топологію, і, як правило, забезпечує менший розмір файлів.

3.2.3.7 Системи кодифікації відповідно до стандартів НАТО

Кодифікація – це діяльність, спрямована на класифікацію, ідентифікацію та призначення предметам постачання (ПП) номенклатурних номерів.

Метою кодифікації предметів постачання є підвищення ефективності управління номенклатурою ПП на всіх стадіях життєвого циклу, забезпечення необхідних умов для автоматизованого обліку, покращення управління запасами, сприяння сумісності систем логістики сил оборони України із системами логістики Збройних Сил інших країн, які використовують систему кодифікації НАТО, що досягається за рахунок: забезпечення єдності опису та ідентифікації продукції; створення бази даних ПП з інформацією щодо ПП, виробників/постачальників тощо, можливості порівняння однотипних виробів за рахунок їх стандартизованого опису; виявлення взаємозамінних та однотипних виробів, сприяння стандартизації предметів постачання; створення формалізованої мови кодів для автоматизації обробки даних.

Система кодифікації предметів постачання Сил оборони України створена відповідно до Спонсорської угоди між Міністерством оборони України та групою Національних директорів з кодифікації НАТО (АС/135) про приєднання до системи кодифікації НАТО від 08.10.2004.

22 листопада 2018 року Групою національних директорів з кодифікації НАТО АС/135 надано сертифікат щодо повноправної (на рівні Tier 2) участі України в системі кодифікації НАТО. Уповноваженим органом з питань співробітництва з НАТО у сфері кодифікації є Управління стандартизації, кодифікації та каталогізації, яке у рамках вищезгаданої угоди виконує функції національного бюро кодифікації України.

Кодифікація продукції здійснюється відповідно до Порядку кодифікації предметів постачання, затвердженого наказом Міністерства оборони України

від 18.12.2017 № 673 (zareestrovanim y Ministerstvi yustitsii Ukrainy vid 12.01.2018 za № 50/31502). Vnaslidok kodifikatsii predmetiv postachannya naznachayutsya noменклатурні номери НАТО (NSN).

Основні засади кодифікації: кожний предмет постачання повинен мати один єдиний номенклатурний номер незалежно від того, де він виготовлений; кодифікація здійснюється національним бюро кодифікації країни, в якій предмет постачання виробляється, або якій належить право власності на технічну документацію; кожне національне бюро кодифікації веде базу даних кодифікованих предметів постачання та розміщує дані у Головному каталозі НАТО посилок для логістики NMCRL; номенклатурний номер НАТО, наданий країною НАТО або країною іншого рівня участі в системі кодифікації НАТО, використовують усі країни– учасниці системи кодифікації НАТО; апити на кодифікацію або отримання кодифікаційних даних подаються встановленим порядком тільки до своїх національних бюро кодифікації; національне бюро кодифікації країни–учасниці забезпечує застосування міжнародних правил при виконанні процедур з кодифікації, в тому числі виконує функції обміну кодифікаційними даними з національними бюро кодифікації інших країн.

3.3 Сценарний метод

3.3.1 Суть сценарного методу

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.

Сценарний підхід у сфері прийняття рішень полягає у проведенні дослідження, метою якого є детальний опис діяльності, що дозволяє обґрунтувати та визначити управлінські заходи та уникнути загроз у

майбутньому на основі розгляду якомога більшого спектру варіантів розвитку проблеми. Формування сценаріїв прийняття рішень зазвичай характеризується ітераційністю самого процесу розробки та розгляду рішень, особливо це стосується військової сфери, де ціна помилки може бути надто високою [28]. Метод сценаріїв використовується для прогнозування розвитку ситуації і формування управлінських рішень, а також оцінювання наслідків їх прийняття з попередження прогнозованої або вирішення наявної проблемної ситуації. Як свідчить досвід, сценарний підхід залишається найбільш універсальним методом аналізу розвитку подій.

Для формування ймовірних сценаріїв розвитку процесів застосовуються різні методи, наприклад, метод експертних оцінок Делфі, метод написання сценаріїв, мережі Байєса тощо. Після написання сценаріїв і оцінки їхньої реалістичності наступним етапом є моделювання поведінки сценарію для всього спектра альтернативних стратегій розвитку процесу, особливо це стосується військових систем. Далі на підставі аналізу результатів моделювання виконується безпосередньо формування управлінських рішень.

Сценарний метод забезпечує можливість варіативності задач, що можуть відпрацьовуватися на КМК, з метою підвищення якості і оперативності управління та ефективного застосування системи за призначенням.

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.

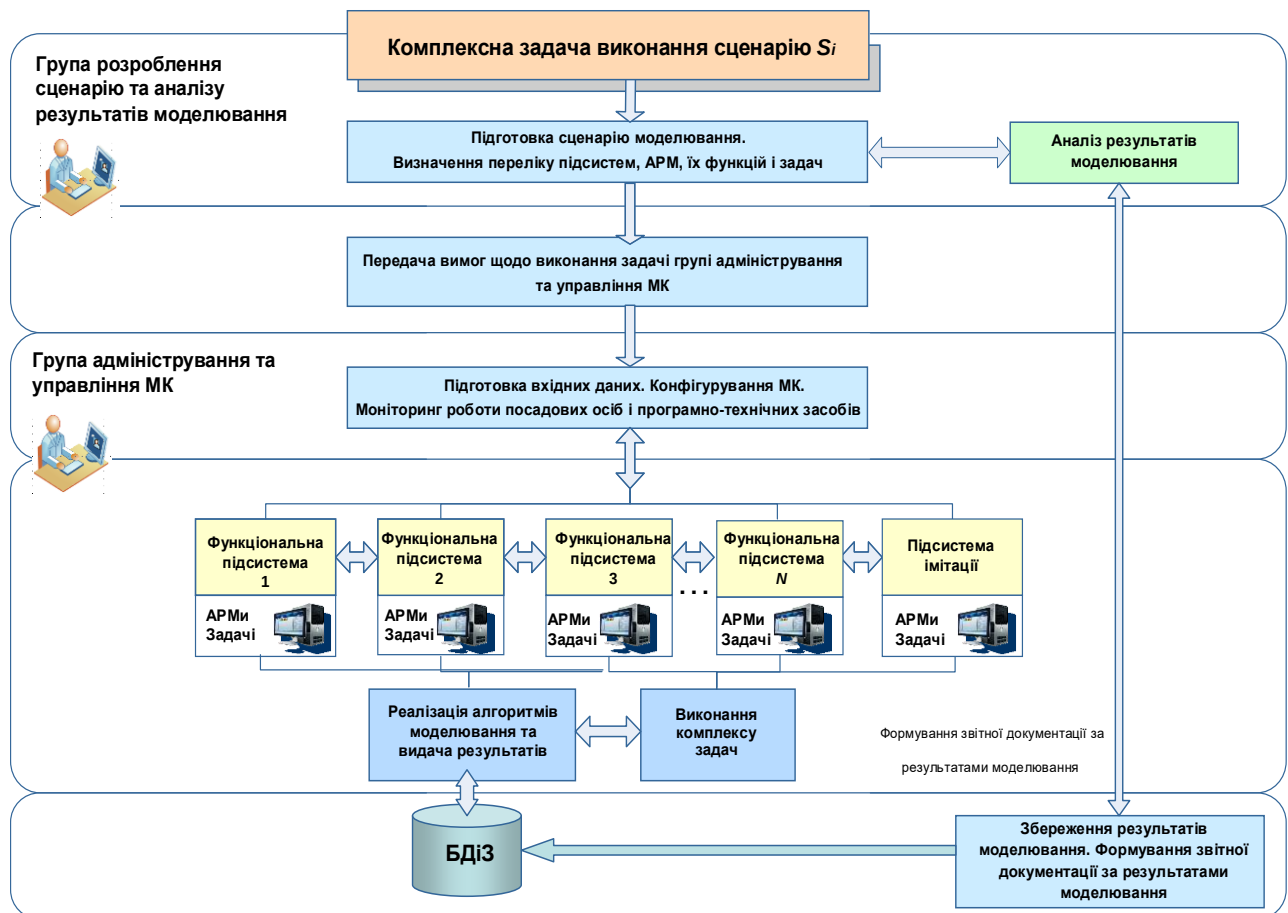
3.3.2 Технологія моделювання сценаріїв на КМК

Технологія моделювання сценаріїв на КМК включає наступні етапи:

- підготовку сценарію S_i до моделювання;

- визначення переліку підсистем і АРМ та їх функцій для виконання завдання;
- передачу вимог щодо виконання завдання групі адміністрування та управління моделюючого комплексу;
- конфігурування моделюючого комплексу та передачу постановки задачі функціональним підсистемам для реалізації сценарію;
- відтворення моделюючим комплексом ситуацій $S_i(t_k)$;
- моніторинг роботи сценарію S_i ;
- реалізацію алгоритмів моделювання та видачу результатів;
- збереження результатів моделювання;
- аналіз результатів моделювання;
- складання звітної документації за результатами моделювання.

Загальна схема технології моделювання сценарію на КМК представлена на рисунку 3.6.



3.3.3 Основні етапи розроблення та реалізації сценаріїв

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) Побудова 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 (рис. 3.7).

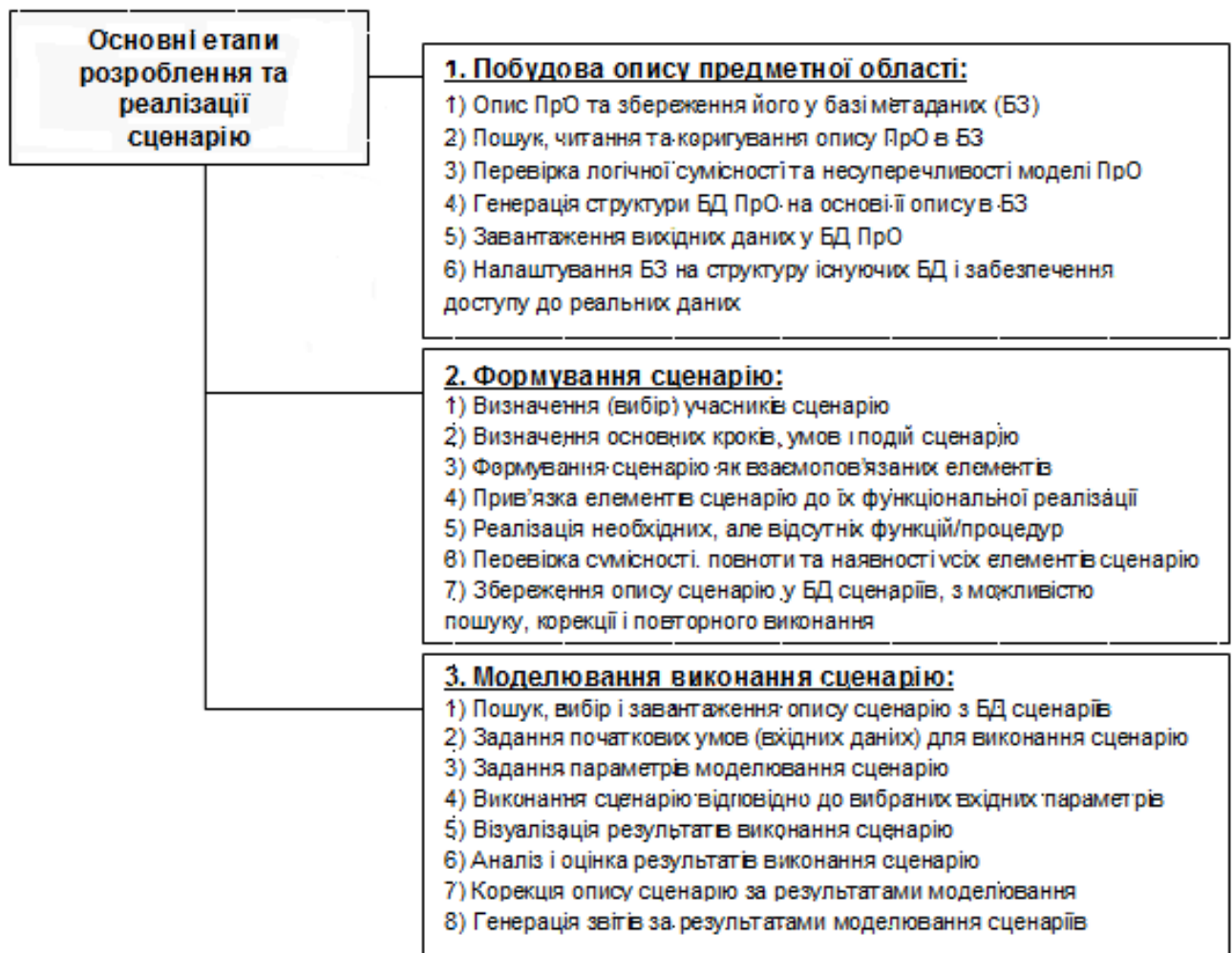


Рисунок 3.7 – Функції та задачі компонентів засобів створення та моделювання виконання сценаріїв

Виконання основних операцій моделювання сценаріїв і доступ до відповідних інструментальних засобів відбувається через єдиний графічний інтерфейс. Дані, що необхідні для моделювання сценаріїв, зберігаються в БД ПрО. Завантаження нових даних із зовнішніх джерел забезпечується інструментальними засобами завантаження даних (ETL). Налаштування на конкретні БД виконується засобами адміністрування за рахунок налаштування відповідних параметрів середовища доступу до даних.

Результати моделювання виконання сценаріїв за допомогою засобів візуалізації результатів виконання сценаріїв можуть бути представлені в різних формах, таких як: табличне представлення, з агрегованими даними за різними групами, з можливістю довільної фільтрації і групування даних; графіки різних форм, у дво- та тривимірних форматах; просторове представлення – використання геоінформаційних можливостей представлення інформації; мультимедійні форми – представлення результатів у відео- і аудіо формі.

Засоби аналізу результатів виконання сценаріїв забезпечують аналіз відповідності одержаних результатів заданим цілям аналітичного дослідження на основі визначених і формалізованих критеріїв оцінки.

Засоби адміністрування забезпечують можливість формування середовища шляхом конфігурування різних функціональних засобів і налаштування необхідних параметрів для моделювання сценаріїв.

3.3.4 Технологія формування сценаріїв на основі графічних методів нотації BPMN та OWL-моделей

Для спрощення процесу формування сценаріїв залучаються графічні методології і відповідні засоби моделювання, зокрема, нотація BPMN (Business Process Model and Notation) [43]. Таке рішення дозволяє не тільки моделювати сценарії у вигляді BPMN-діаграм, але й серіалізувати їх в XML-файл для відпрацювання в комп'ютерному середовищі.

Однак, незважаючи на безумовні переваги, методи графічного моделювання мають суттєвий недолік – відсутність розвинених механізмів

семантичного опису та верифікації сценаріїв. Саме тому пропонується доповнювати графічну модель (в нотації BPMN) онтологічною моделлю із залученням спектра методів семантичного аналізу. Тобто BPMN–модель має бути конвертована в OWL–файл, що включає такий набір сутностей онтології, який співвідноситься з усіма графічними елементами діаграми сценарію в нотації BPMN. Завдяки конвертації BPMN–моделі, OWL–модель сценарію фактично перетворюється в базу знань організації, яка може розширюватися за рахунок додавання нових сценаріїв діяльності.

Пропонується при формуванні сценаріїв застосовувати інтегровану технологію моделювання сценаріїв, запропоновану в [44], що заснована на графічних методах процесного моделювання та онтологічному аналізі сценаріїв, сформованих у нотації BPMN.

На сайті GitHub представлені дві технології для конвертації BPMN–моделі в онтологію: це BPMN2SBPM [45] та PM2ONTO [46] від різних розробників. Технологія BPMN2SBPM позиціонується як виконуваний JAR файл (Java ARchive), що приймає XML–файл від нотації BPMN і конвертує його в OWL–файл S–BPM–систем.

Для здійснення процесного моделювання сценаріїв вживаються певні категорії понять нотації BPMN, як дозволяють доволі повно визначити сценарії через її графічні елементи. До таких категорій відносяться [47]:

1) категорія об'єктів потоку (flow objects) – містить такі графічні елементи як подія (Event), завдання (Task), підпроцес (Sub–Process), шлюз (Gateway);

2) категорія з'єднувальних об'єктів (connecting objects) – потік послідовності (Sequence Flow), потік повідомлень (Message Flow), асоціація (Association);

3) категорія доріжки (swimlanes) – пул (Pool), смуга (Lane);

4) категорія артефактів (artifacts) – об'єкт даних (Data Object), текстова анотація (Text Annotation), група (Group).

Кінцевим результатом моделювання сценарію є діаграма в нотації BPMN – графічна модель сценарію, серіалізована в XPDL-файл (XML Process Definition Language).

У математичному сенсі діаграма сценарію – це спрямований граф, який складається з елементів нотації BPMN та описується кортежем [44]:

$$Gr(Bp_N) = \{V(Bp_N), E(Gr), L(v), Id(v), Rul^{(Bp)}, p(v)\},$$

де $\{V(Bp_N)\}$ – множина вузлів спрямованого графа $Gr(Bp_N)$, причому множина вузлів графа має вигляд $V(Bp_N) = \{St \cup Tk \cup In \cup Gt \cup Fn\}$, де

$\{St\}$ – підмножина вершин, що представляють собою стартові події (Start Event);

$\{Tk\}$ – підмножина вершин, що представляють задачі (Task, Sub-Process);

$\{In\}$ – підмножина вершин, що представляють собою проміжні події процесу (Intermediate events) в межах пулу (Pool) ;

$\{Gt\}$ – підмножина вершин, що представляють собою шлюзи (Gateway) – логічні оператори;

$\{Fn\}$ – підмножина вершин, що представляють кінцеві події (End Event) кожного підпроцесу або пулу (Pool);

$\{E(Gr)\}$ – множина ребер, які зв'язують вершини в напрямлені ребра $(v_i, v_{i+1}) \in E(Gr)$ спрямованого графа. Зв'язування вершин здійснюється через категорію з'єднувальних об'єктів (connecting objects), де матриця суміжності ребер графа має вигляд $E(Gr) \subseteq |V(Bp_N) \times V(Bp_N)|$ для n вершин графа;

$\{L(v)\}$ – множина міток вершин, які дозволяють однозначно визначати кожному вершину $V(Bp_N)$ у спрямованому графі $Gr(Bp_N)$;

$\{Id(v)\}$ – функція розмітки вершин в спрямованому графі для надання унікальних імен, яка має вигляд $Id(v): V(Bp_N) \rightarrow L(v)$;

$\{Rul^{(Bp)}\}$ – множина правил зв'язування графічних елементів нотації, які враховують семантичні обмеження та умови розгалуження потоків у шлюзах моделі;

$p(v): E(Gr) \rightarrow [0,1]$ – булева функція, що зіставляє значення ймовірності ребрам, які зв'язують вершини спрямованого графа.

Для виконання аналізу та подальшого вдосконалення моделі сценарію в нотації BPMN спрямований граф $Gr(Bp_N)$ має бути серіалізований у форматі XML (для взаємодії з OWL–редакторами) та мовою XPDЛ для обміну моделями процесів у середовищі виконання BPM–систем.

Для формування коректної моделі складного бізнес–процесу бажано мати додатковий формальний опис – семантичну модель ПрО мовою XML, яку сприймає нотація BPMN. Найбільш прийнятним описом, що може доповнювати та пояснювати графічні діаграми BPMN і сприймається засобами моделювання, вважається онтологічна модель, серіалізована у вигляді OWL–файлу. Як технологію взаємодії OWL–моделей з XML–файлами може бути запропоновано онтологічний аналіз [48]. Цей аналіз базується на положенні двостороннього відображення між XML–файлом нотації BPMN (у вигляді спрямованого графа $Gr(Bp_N)$) і онтологією $Ont (SD)_{BP}$, яка додає семантичне пояснення та інтерпретацію процесів. Це означає створення реальної онтології ПрО, яка серіалізована у вигляді OWL–файлу. Така онтологія має містити в собі всі класи, які співвідносяться з класами BPMN–нотації, а також обмеження та анотації. На основі реальної онтології ПрО можна провести декілька типів аналізів BPMN–моделі, наприклад, з метою перевірки виконання умов настання кінцевих або проміжних подій, а також коректності формування багатфакторних умов поділу потоку процесу шлюзами моделі.

Таке рішення має забезпечувати взаємне конвертування (Mapping) між конструкціями графічної нотації BPMN та OWL онтологією мовою XML. Умовою такої взаємодії є підтримка співвідношення 1:1 між концептами OWL онтології та примітивами BPMN–нотації, які входять до складу спрямованого графа $Gr(Bp_N)$ моделі сценарію.

Як інструментарій перетворення моделей використовувалася технологія конвертації BPMN–to–S–BPM–Ontology [45], яка є вільно розповсюджуваною та доступною на ресурсі github.com.

Запропонований підхід дає низку переваг, як то: суттєве спрощення самого процесу моделювання та верифікації сценаріїв в інтегрованому середовищі BPMN–OWL і реалізація моделі в середовищі стандартних BPM–систем.

3.4 Модульно-інтеграційний метод

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.

Загальна схема застосування модульно-інтеграційного методу при формуванні КМК представлена на рис. 3.8.

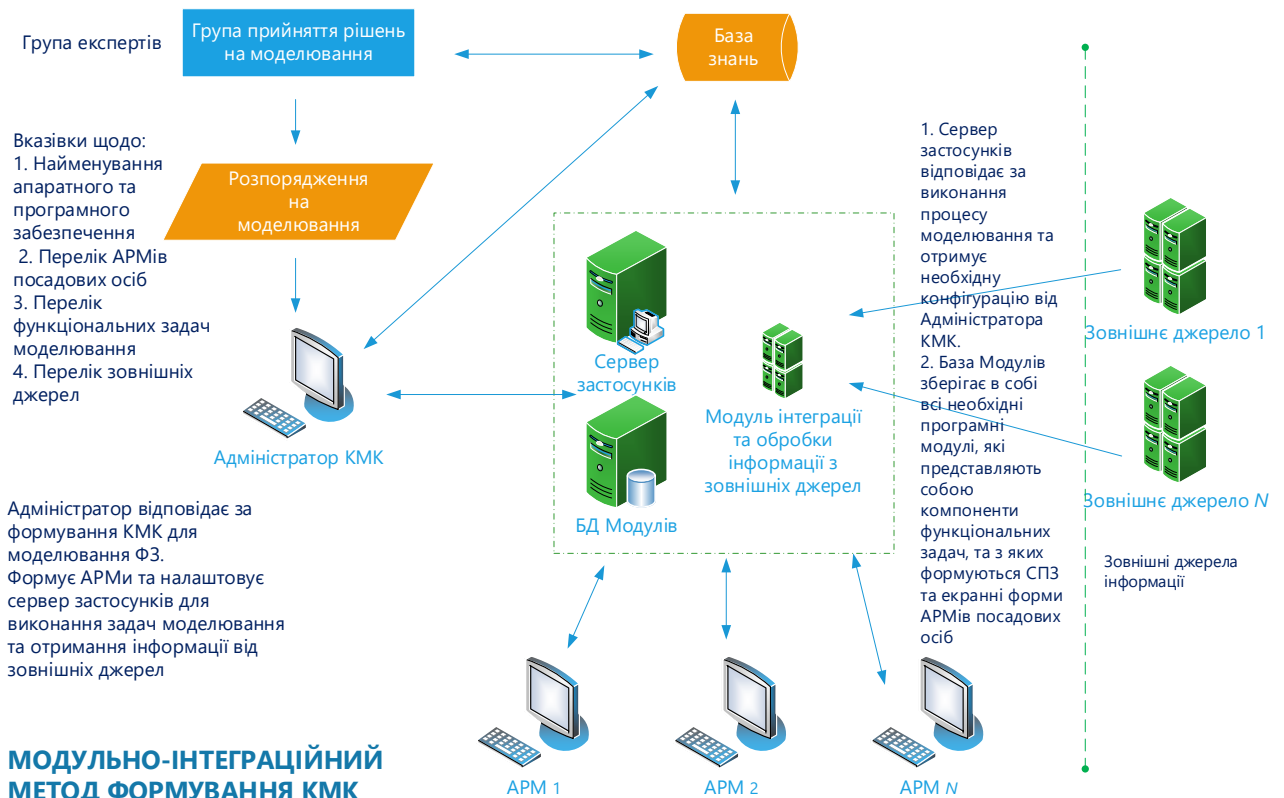


Рисунок 3.8 – Загальна схема застосування модульно-інтеграційного методу при формуванні КМК

Модульно-інтеграційний 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.

3.5 Модульно-сценарний метод

Модульно-сценарний метод організує 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.

Загальна схема застосування модульно-сценарного методу при формуванні КМК представлена на рис. 3.9.

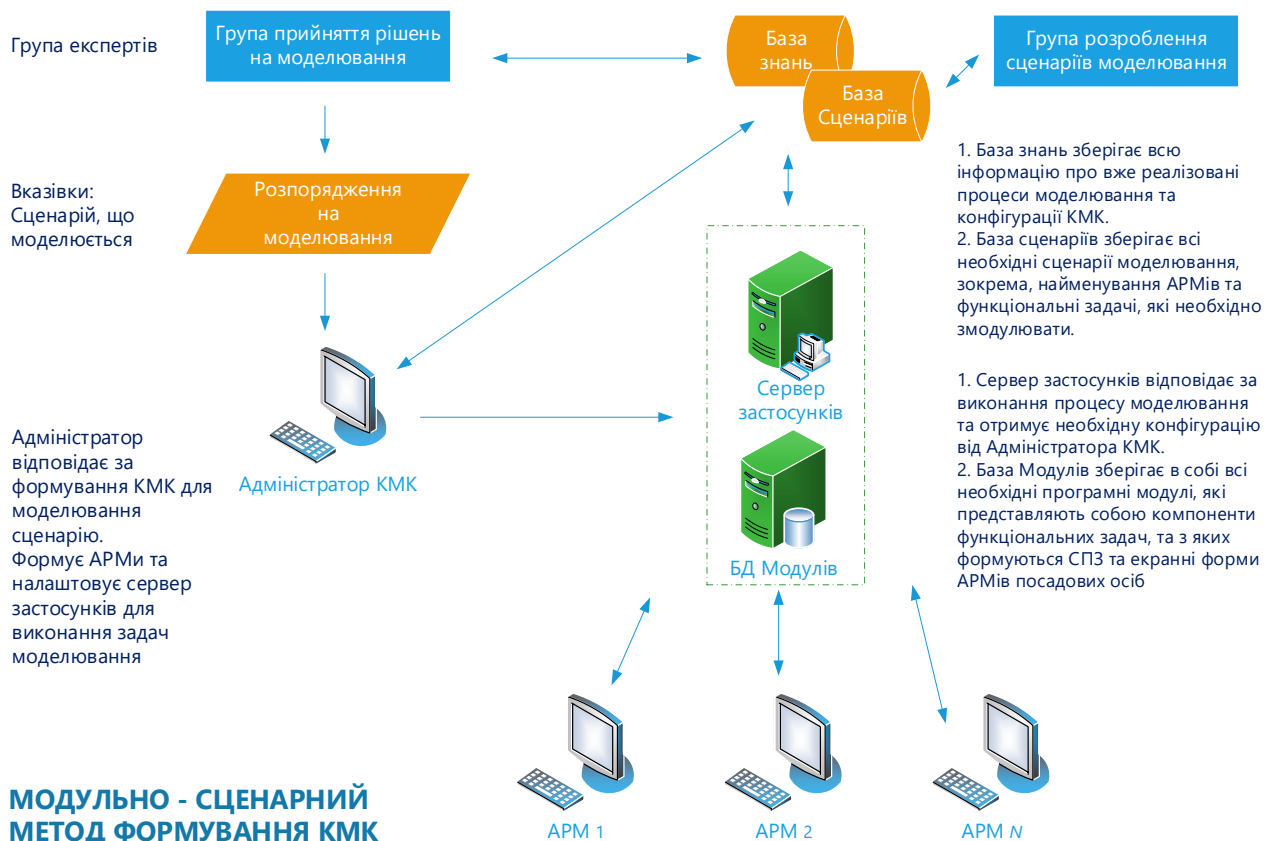


Рисунок 3.9 – Загальна схема застосування модульно-сценарного методу при формуванні КМК

Модульно-сценарний метод доцільно використовувати при формуванні КМК навчальних систем та систем підтримки прийняття рішень.

3.6 Модульно-інтеграційно-сценарний метод

Модульно-інтеграційно-сценарний метод поєднує три базових методи, дозволяючи сформувати гнучке моделююче середовище, створити єдиний

інформаційно–функціональний контур, дослідити поведінку системи при реалізації різних сценаріїв моделювання та обрати найкращі рішення для створення системи. 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. 3.10.

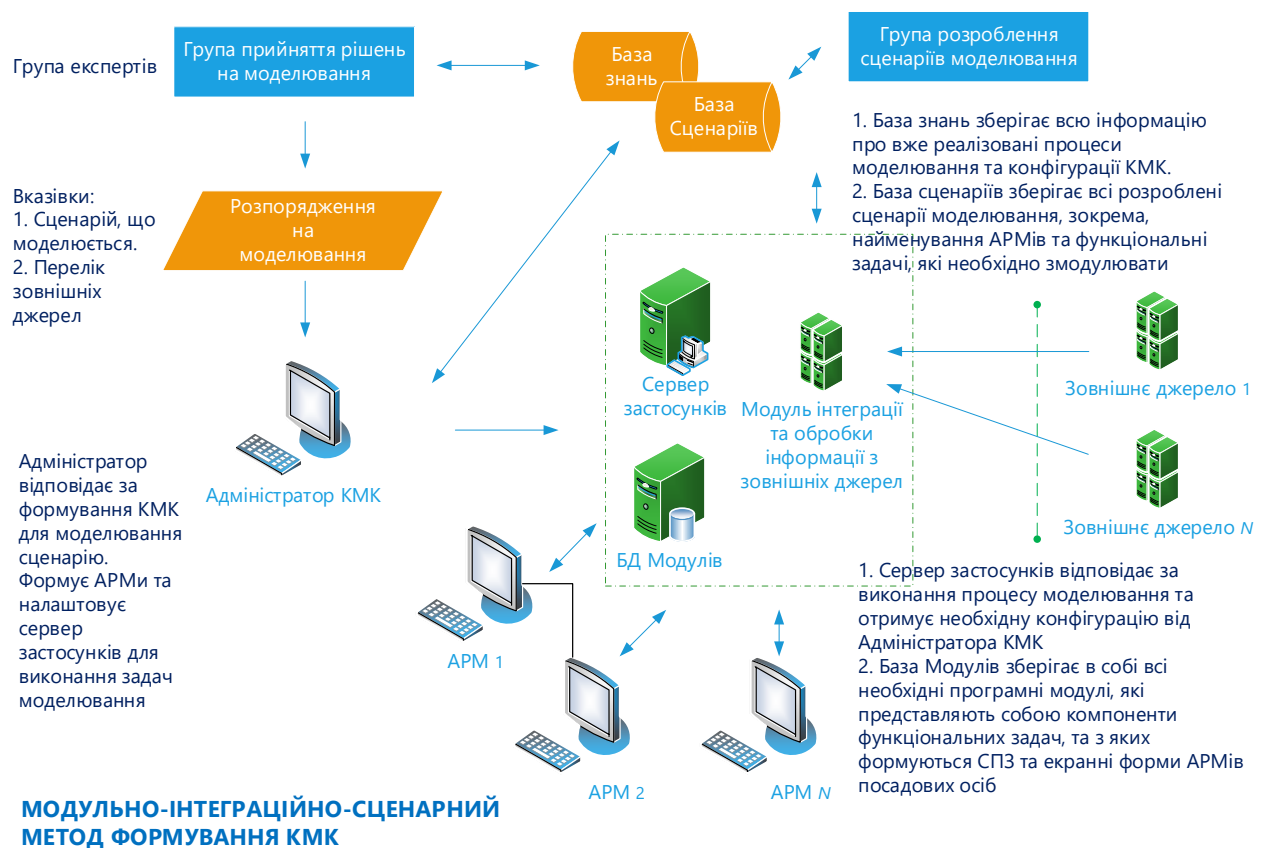


Рисунок 3.10 – Загальна схема застосування модульно-інтеграційно-сценарного методу при формуванні КМК

Висновки до розділу 3

У цьому розділі запропоновано, досліджено та обґрунтовано методи формування комп'ютерних моделюючих комплексів систем організаційного управління.

Підсумовуючи результати проведеного дослідження, можна зробити наступні висновки: виявлено, що сучасні підходи до формування КМК СОУ значно різняться залежно від специфіки предметної області, вимог до системи та технічних можливостей; процес формування КМК СОУ характеризується певними складнощами: проблема інтеграції з іншими системами, обмежена масштабованість, низька адаптивність до змін в організаційному середовищі, недостатня ефективність обробки великих обсягів даних 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, а саме:

1. Запропоновано модульний метод формування КМК, який забезпечує гнучкість та масштабованість системи. Це дозволяє легко додавати нові модулі, змінювати існуючі та адаптувати систему до змін у зовнішньому середовищі.

Розглянуто сервіс-орієнтовану архітектуру SOA (*Service-oriented architecture*), як модульний підхід до розроблення програмного забезпечення, що базується на використанні сервісів (служб) зі стандартизованими інтерфейсами та надає гнучкий спосіб комбінування й багаторазового використання компонентів для побудови складних розподілених програмних комплексів. Як приклад, розглянуто застосування SOA в системах C4ISR (Command and Control (C2) – Communications – Computers – Intelligence, Surveillance, Reconnaissance).

Наведено математичну модель КМК, побудованого із застосуванням модульного методу. Показано, що застосування модульного методу побудови КМК забезпечує можливість: формування КМК як сукупності підсистем;

кожної підсистеми – як сукупності відповідних АРМ; кожного АРМ – як сукупності функціональних комплексів; кожного функціонального комплексу – як сукупності відповідних ФЗ, з визначенням повноважень і прав доступу користувачів АРМ до інформаційних ресурсів КМК.

Задача формування КМК, побудованого за допомогою модульного методу, полягає у створенні такої конфігурації $MK = (S, A, F, T, f_{ij}, C)$, сукупність елементів якої забезпечує виконання цільової функції АСОУ в залежності від поставленого завдання моделювання.

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

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 МК 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. Запропоновано сценарний метод формування КМК, що забезпечує можливість варіативності задач, які можуть відпрацьовуватися на КМК, з метою підвищення якості і оперативності управління та ефективного застосування системи за призначенням. Розглянуто теоретичний підхід до комп'ютерного моделювання багаторівневих сценаріїв, оснований 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 суттєво зменшує час моделювання.

Показано, що застосування сценарного методу дозволяє відпрацювати організаційно–функціональну структуру СОУ, підвищити ефективність та узгодженість дій посадових осіб СОУ при виконанні їх службових обов'язків, змодельовати взаємодію всіх учасників сценарію як у штатному режимі, так і у режимі виникнення різних нештатних ситуацій.

В дисертаційній роботі **вперше розроблено та 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. Модульно–інтеграційний метод базується на поєднанні централізованої логіки управління, притаманної інтеграційному методу, з гнучкою структурою модульного формування. 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.

2. Модульно–сценарний метод організує 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.

3. Модульно–інтеграційно–сценарний метод розширює можливості зазначених 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).

Розроблені методи були впроваджені та протестовані на реальних прикладах комп'ютерних моделюючих комплексів СОУ. Результати тестувань показали високу ефективність запропонованих методів.

Дослідження, проведене у цьому розділі, підтверджує, що розроблення нових методів формування комп'ютерних моделюючих комплексів є важливим напрямком для підвищення ефективності розбудови систем організаційного управління. Подальший розвиток цієї галузі передбачає вдосконалення існуючих методів, застосування новітніх технологій та проведення додаткових досліджень для підвищення ефективності КМК.

РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЮЮЧИХ КОМПЛЕКСІВ СИСТЕМ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ

Викладені в попередніх розділах підходи та запропоновані методи формування КМК були застосовані та апробовані при розробленні моделюючих комплексів, створених в ІПРІ НАН України.

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

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

4.1.1 Основні поняття та визначення

При описі системи управління авіаційним комплексом та МК АСУ АК будемо використовувати наступну термінологію:

– *Авіаційна техніка (АТ)* – сукупність технічних засобів (ТЗ), що перебувають на озброєнні авіаційних формувань та призначені для виконання бойових, транспортних, навчальних та інших завдань. АТ включає: літальні

апарати (ЛА) з їх обладнанням та озброєнням; засоби, що забезпечують застосування, технічне обслуговування (ТО) та ремонт техніки, управління нею; навчально– тренувальні засоби.

- *Авіаційний комплекс (АК)* – сукупність спільно використовуваних ЛА (з їх системами та обладнанням) та засобів наземного управління, обслуговування та контролю.

- *Аеродромне–технічне забезпечення (АТЗ) польотів* – комплекс заходів, призначених для забезпечення справності та готовності всіх видів авіаційно–технічних засобів (АТЗс) до застосування, забезпечення та оснащення ЛА необхідними матеріальними засобами авіаційного призначення.

- *Інженерно– авіаційне (ІАЗ) забезпечення польотів* – комплекс заходів, спрямованих на підтримання АТ, засобів її експлуатації та ремонту в постійній справності та готовності до виконання поставлених завдань, досягнення безвідмовності та високої ефективності їх застосування.

- *Командно–диспетчерський пункт (КДП)* – забезпечує управління польотами ЛА у ближній зоні відповідно до планової таблиці польотів (ПТП), включаючи контроль процесів готовності ЛА та АТЗс до проведення польотів; управління запуском двигунів, вирулюванням ЛА на зльотну смугу, зльотом, польотом за встановленими схемами та маршрутами, заходом на посадку, рухом за глісадою зниженням та візуальною посадкою ЛА.

- *Пересувний (мобільний) аеродром* – технічний рухомий комплекс, призначений для забезпечення зльоту та посадки ЛА, а також для виконання технологічних операцій з їх обслуговування.

- *Функціональна задача* – задача, пов'язана з основним призначенням відповідного функціонального комплексу (ФК) або його частини. Функціональні задачі кожного ФК можуть бути умовно поділені на службові задачі, тобто орієнтовані на внутрішньосистемні функції або операції, та користувацькі задачі, орієнтовані на обслуговування користувачів ФК.

- *АСУ АК* – сукупність функціонально та ієрархічно пов'язаних функціональних підсистем органів управління, пунктів та постів управління,

систем зв'язку, систем та засобів автоматизації управління АК, а також спеціальних систем, що забезпечують збирання, обробку та передачу інформації.

– *МК АСУ АК* – програмно-технічний комплекс, призначений для відпрацювання попередніх проєктних рішень щодо створення АСУ АК на основі моделювання процесів збирання, оброблення, зберігання та аналізу інформації для управління діями авіації, польотами ЛА, ІАЗ та АТЗ польотів, організації інформаційної взаємодії між посадовими особами авіаційної групи.

4.1.2 Загальні вимоги до МК АСУ АК

МК АСУ АК повинен забезпечувати: відпрацювання організаційно-штатної структури управління АК та взаємодії її елементів; розроблення та відпрацювання базових системних, конструкторських, програмних та технологічних рішень щодо побудови АСУ АК; поетапне створення складових елементів системи; тренаж та підготовку посадових осіб для вирішення задач управління авіаційним комплексом.

Загальні вимоги, які пред'являлися до МК АСУ АК: реалізація функціональних задач управління АК; можливість генерації необхідногобудь-якого АРМ на будь-якій робочій станції МК; наочний інтерфейс взаємодії користувачів з АРМ; забезпечення необхідної реакції системи на запити користувачів в режимі реального часу; можливість роботи з аудіо– та відео інформацією; надійність функціонування, швидке відновлення працездатності у гарячому режимі; можливість постійного доступу програмних додатків та користувачів до інформаційних ресурсів МК з дотриманням вимог безпеки та цілісності даних; можливість колективного доступу до інформації; взаємодія із зовнішніми підсистемами; протоколювання та реєстрація всіх подій в системі, архівування інформації; можливість змін та налаштування на нові функціональні задачі; технологічність експлуатації та супроводу.

4.1.3 Етапи створення МК АСУ АК

Основний метод дослідження та створення системи організаційного управління АК – моделювання, зокрема імітація процесів її функціонування на

комп'ютері (комп'ютерний експеримент). Для моделювання СОУ АК та створення МК АСУ АК виконані наступні роботи:

1. Дослідити та формалізувати процеси функціонування СОУ АК, тобто представити ці процеси у вигляді послідовності чітко визначених подій, явищ або процедур.
2. Побудувати функціональну і організаційну структуру управління АК, визначити склад функціональних задач і АРМ.
3. Розробити архітектуру системи.
4. Розробити математичні моделі визначених процесів і задач.
5. Визначити склад та розробити модель баз даних (БД), достатніх для вирішення комплексів задач.
6. Визначити склад технічних та програмних засобів.
7. Розробити проєктну документацію для створення програмного забезпечення для реалізації функціональних задач.
8. Створити програмне забезпечення для вирішення функціональних задач.
9. Розробити сценарії моделювання процесу управління АК на МК.
10. Розгорнути та налаштувати програмно–апаратний комплекс МК.
11. Провести комп'ютерне моделювання процесів управління АК на МК.
12. Дослідити та оцінити отримані результати, доопрацювати розроблені рішення за результатами моделювання на МК.

4.1.4 Система організаційного управління авіаційним комплексом

Процес дослідження, аналізу та формалізації процесів управління АК є базовим етапом, що обумовлює розроблення подальших проєктних рішень при створенні МК і АСУ АК. Розглянемо основні властивості СОУ АК, як об'єкту моделювання.

Особливості СОУ АК

Для СОУ АК характерні такі особливості: велика кількість багатофункціональних керованих об'єктів (підсистем) різної природи та складності і широкого призначення, що породжує інтенсивні потоки

інформації, різноманітної і неоднорідної за складом, призначенням, способом кодування тощо; широкий діапазон зміни станів системи та їх висока динамічність; функціонування системи в реальному масштабі часу; одночасне вирішення великої кількості функціональних задач; прийняття рішень керівниками всіх рівнів у обмежені терміни та в умовах недостатньої інформації про обстановку з високим ступенем ризику.

Функціональна структура СОУ АК

Процес управління АК – це сукупність процесів збору даних про стан керованих об'єктів, формування потоків інформації, її накопичення, передачі та обробки, синтезу керуючих впливів. В СОУ АК процес управління включає ряд послідовних етапів, на кожному з яких вирішується певна задача (виконується функція) управління.

Згідно з [22-25] СОУ АК можна розглядати як складний функціональний комплекс, складові частини якого можна розглядати також як складні ФК, об'єднані в єдине ціле відповідно до певних принципів та пов'язані між собою заданими відносинами. Проведений аналіз процесу управління АК показав, що ряд функцій, а відповідно і елементи управління, можуть бути згруповані за певними ознаками. Загальна функціональна схема управління авіаційним комплексом представлена на рисунку 4.1.

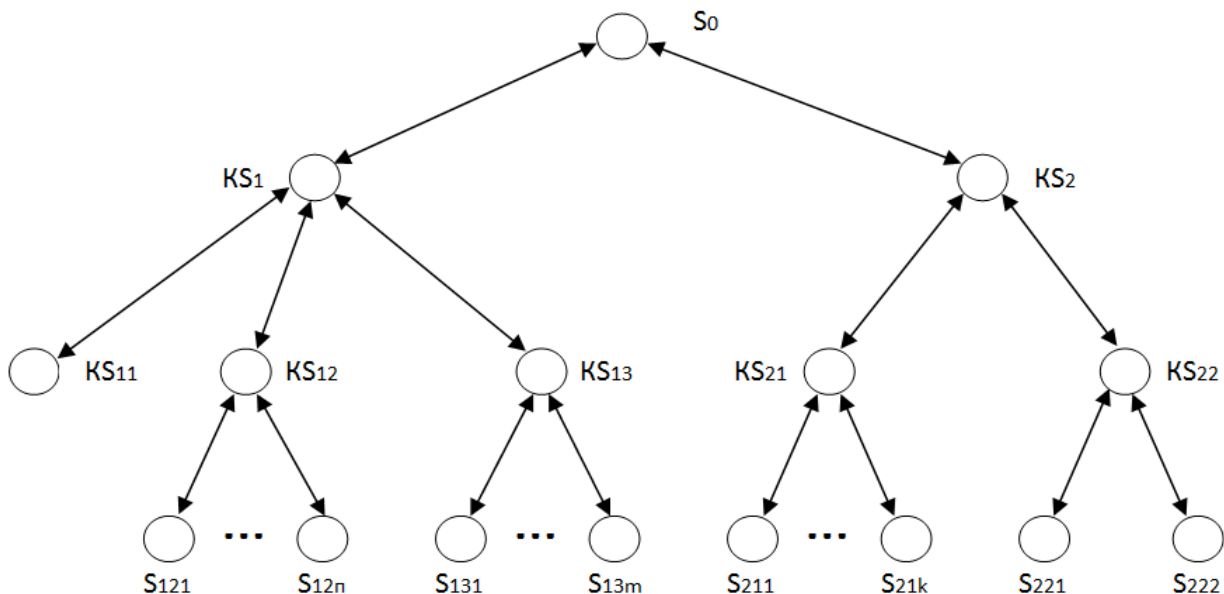


Рисунок 4.1 – Загальна функціональна схема управління АК

Функція Управління авіаційним комплексом S_0 : $S_0 = \{KS_1, KS_2\}$, включає групу функцій (комплекс задач) управління польотами KS_1 та групу функцій (комплекс задач) управління забезпеченням польотів KS_2 .

До групи функцій «Управління польотами» KS_1 входять функції управління:

- плануванням дій авіації KS_{11} ;
- польотами в зоні мобільного аеродрому KS_{12} ;
- польотами в дальній зоні KS_{13} .

$$KS_1 = \{KS_{11}, KS_{12}, KS_{13}\},$$

$$KS_{12} = \{S_{121}, S_{122}, S_{123}, S_{124}, S_{125}, S_{126}, S_{127}\},$$

$$KS_{13} = \{S_{131}, S_{132}, S_{133}\}.$$

До функції «Управління польотами в зоні мобільного аеродрому» KS_{12} входять комплекси задач: загальне управління польотами S_{121} ; управління штурманським забезпеченням польотів ЛА в зоні мобільного аеродрому S_{122} ; управління злетом S_{123} ; управління повітряним рухом у зоні мобільного аеродрому S_{124} ; управління заводом на посадку S_{125} ; управління посадкою S_{126} ; управління рухом по мобільному аеродрому S_{127} .

До функції «Управління польотами в дальній зоні» KS_{13} входять комплекси задач управління: взаємодіючою авіацією S_{131} ; авіацією забезпечення S_{132} ; польотами і перельотами S_{133} .

До групи функцій «Управління забезпеченням польотів» KS_2 входять функції управління:

$$KS_{21} = \{S_{211}, S_{212}, S_{213}, S_{214}, S_{215}, S_{216}\},$$

$$KS_{22} = \{S_{221}, S_{222}\}.$$

До функції «Управління забезпеченням польотів» KS_{21} входять комплекси задач управління: радіоелектронною боротьбою S_{211} ; зв'язком S_{212} ; розвідкою S_{213} ; гідрометеозабезпеченням S_{214} ; штурманським забезпеченням S_{215} ; пошуково-рятувальними операціями S_{216} .

До функції «Управління технічним забезпеченням польотів» KS_{22} входять комплекси задач управління технічним забезпеченням польотів: управління ІАЗ S_{221} ; управління АТЗ S_{222} .

Загальна організаційна структура СОУ АК

Загальна організаційна структура СОУ АК представлена на рисунку 4.2. До складу структури СОУ АК входять: ФК АК (вирішується на пункті управління АК); ФК КДП (вирішується на КДП); ФК ІАЗ (вирішується на пункті управління ІАЗ); ФК АТЗ (вирішується на пункті управління АТЗ).

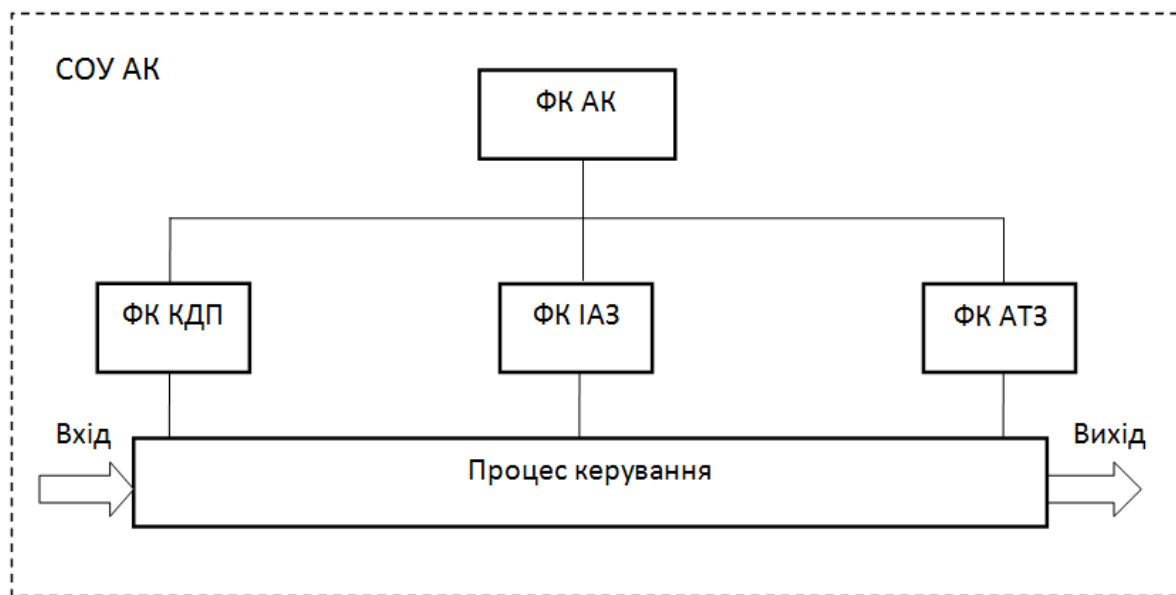


Рисунок 4.2 – Загальна організаційна структура СОУ АК

Процес управління АК складається з ряду органічно пов'язаних між собою та циклічно повторюваних етапів: отримання завдання; прийняття рішення на виконання отриманого завдання, попереднє розпорядження; планування виконання завдання на основі аналізу даних про наявність і стан ресурсів; організація функціонування системи управління, організація взаємодії між її структурними елементами; керівництво в ході виконання завдань; аналіз обстановки та контроль виконання планів; прийняття управлінських рішень щодо коригування планів та постановка завдань виконавцям (рис. 4.3).

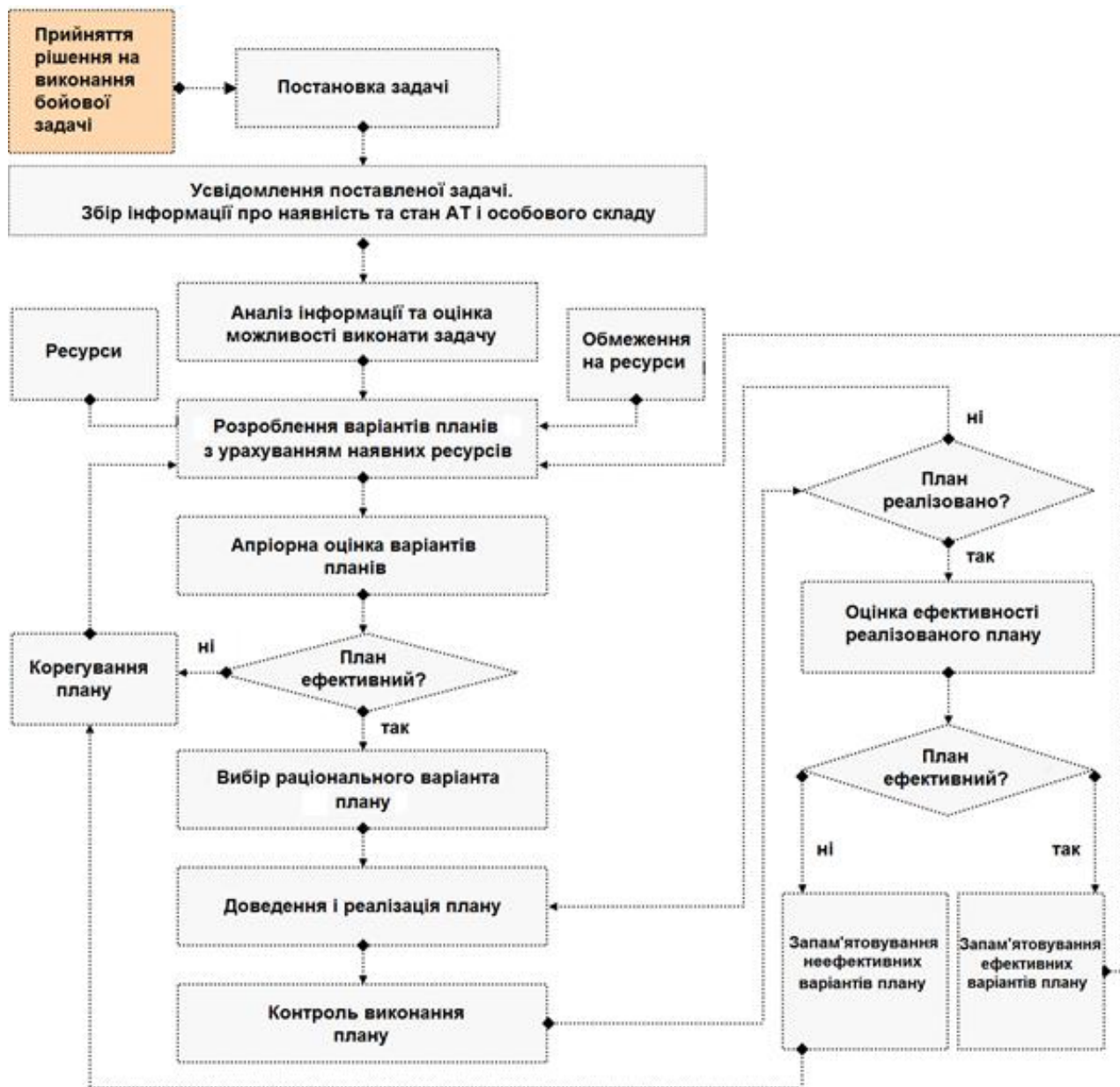


Рисунок 4.3 – Схема процесу управління АК

Формалізація опису інформаційної взаємодії елементів АК у процесі його функціонування

Інформаційна взаємодія характеризується керуючими U_p та інформаційними I_p потоками інформації. До керуючих потоків $U_p = \{U_{p1}, U_{p2}, \dots, U_{pn}\}$, $n=1:N$, належить інформація, що містить команди, розпорядження, вказівки і яка надходить зверху вниз $U_p \downarrow$, від вищих рівнів управління до нижчих. До інформаційних потоків $I_p = \{I_{p1}, I_{p2}, \dots, I_{pm}\}$, $m=1:M$, належить інформація $I_p \uparrow$, що надходить нагору, від виконавців до органів управління у

вигляді доповідей та донесень, а також інформація $Ip_{c\uparrow}$, що надходить від інших складових частин СОУ АК.

Таким чином, на етапі дослідження та аналізу організації процесів управління АК отримано загальну функціональну схему управління АК, розкрито зміст управління АК, наведено та описано структуру управління АК. Показано, що управління АК вимагає реалізації комплексу задач (груп функцій) управління польотами та комплексу задач (груп функцій) управління забезпеченням польотів. Проведено декомпозицію функцій управління АК та визначено склад та взаємозв'язок функціональних задач. Дано формалізований опис інформаційної взаємодії елементів ІАЗ у льотну зміну.

4.1.5 Основні проєктні рішення щодо створення МК АСУ АК

Тактико–технічні та експлуатаційні характеристики АСУ АК мають забезпечити підвищення ефективності управління бойовими діями корабельної авіації за рахунок оперативної інформаційно–аналітичної підтримки процесів обліку, планування та прийняття адекватних рішень командуванням АК, а також навчання та підготовку кадрів льотного та інженерно–технічного складу АГ за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних, інформаційних, комунікаційних та аудіо–візуальних технологій.

Моделюючий комплекс забезпечує створення єдиного інформаційно–технічного середовища для автоматизованого проєктування складної наукомісткої продукції на всіх стадіях життєвого циклу АСУ АК відповідно до сучасних стандартів проєктування.

Склад МК АСУ АК

У складі МК АСУ АК створено *функціональні підсистеми*, що забезпечують автоматизацію наступних рівнів управління АК:

1. Командного пункта корабельної авіаційної групи (КП АГ) – реалізовано 92 ФЗ і 19 АРМ;
2. Командно–диспетчерського пункту (КДП) – реалізовано 20 ФЗ і 12 АРМ;

3. Командного пункту інженерно–авіаційного забезпечення (КП ІАЗ) – реалізовано 48 ФЗ, 14 АРМ, 1 Пульт техніка ЛА – для введення оперативної інформації про стан ЛА і виконання планів підготовки ЛА до застосування;

4. Командного пункту аеродромно–технічного забезпечення (КП АТЗ) реалізовано 31 ФЗ, 10 АРМ, 16 типів Пультів начальників розрахунків АТЗ – для введення оперативної інформації про стан АТЗс і виконання робіт щодо АТЗ польотів

Загальна кількість розроблених ФЗ – 196, функціональних АРМ – 55, Пультів – 17.

Крім того, до складу МК АСУ АК входять *забезпечуючі підсистеми*:

1. Підсистема імітації – для імітації польота своїх ЛА в ближній й дальній зонах та імітації дій повітряних об’єктів противника. Реалізовано 2 АРМ: АРМ льотчика–оператора і АРМ імітації дій противника;

2. Підсистема адміністрування та управління функціонуванням МК, призначена для формування МК, адміністрування програмно-технічних засобів, управління процесом моделювання ФЗ на АРМ. Реалізовано 5 задач і 1 АРМ.

Системна архітектура МК АСУ АК

Архітектура МК являє собою загальну логічну організацію системи, що визначає процес його функціонування, включаючи методи обробки даних, склад, фізичну структуру складових компонент, принципи взаємодії АРМ між собою та з базами даних, структуру мережі передачі даних та комп’ютерного зв’язку з урахуванням дисципліни з’єднань та їх топології, організацію баз даних та механізмів доступу до них

Основу системної архітектури МК АСУ АК становлять АРМ посадових осіб, об’єднані в локальні обчислювальні мережі, що взаємодіють із БД у процесі вирішення функціональних задач. До складу системної архітектури МК входять такі компоненти:

– Сервер баз даних – призначений для зберігання та здійснення доступу до даних МК. Сервер реалізований у вигляді кластера, що забезпечує його стійкість до відмов. Для зберігання даних використовується дисковий масив з

організацією RAID 5 рівня з можливістю «гарячої» заміни дисків, що підвищує стійкість до відмов сервера БД;

- Сервер додатків – реалізований як два апаратних сервери – один працює у робочому режимі, інший – у режимі очікування. У разі збою робочого сервера, сервер, який знаходиться в режимі очікування, перейде в робочий режим;

- АРМи посадових осіб, оснащені набором технічних засобів, що реалізують вирішення ФЗ кожного з учасників технологічного процесу управління АК;

- Комунікаційне та технічне обладнання локальної обчислювальної мережі, що об'єднує окремі АРМи у єдину систему;

- Бази даних;

- Загальносистемне, мережеве та прикладне програмне забезпечення;

- Засоби введення, виведення, відображення та документування інформації;

- Пульти для введення оперативної інформації про стан об'єктів управління.

Проектні рішення щодо архітектури МК АСУ АК забезпечують: виконання необхідних функцій та задач; адміністрування інформаційних та системних ресурсів; підтримку інформаційних ресурсів в актуальному стані.

Програмне забезпечення МК АСУ АК

Програмне забезпечення МК АСУ АК включає до свого складу такі основні компоненти: мережеву операційну систему; операційну систему користувачів; систему керування базами даних; функціональне програмне забезпечення на вирішення ФЗ; інструментальні програмні засоби розробки прикладних програм для вирішення ФЗ; телекомунікаційні програмні засоби; програмні засоби захисту; програмні засоби тестування та сервісного обслуговування.

Функціональне програмне забезпечення (ФПЗ) представляє собою комплекс розроблених спеціальних програм, який забезпечує вирішення

функціональних задач на різних рівнях управління відповідно до розроблених постановок задач.

ФПЗ МК АСУ АК побудовано за модульним методом з реалізацією ФЗ окремими програмними модулями, придатними до використання у програмному забезпеченні різних АРМ. Модульний метод побудови забезпечує можливість модифікації, розвитку та нарощування ПЗ системи; можливість швидкої заміни або введення нових окремих компонентів системи та їх оцінку.

Програмне забезпечення МК АСУ АК реалізовано з використанням сучасних технологій та мов програмування Сі, Сі++, Transact SQL. Операційна система – Microsoft Windows XP, 2003 Server. Середовище розробки – Microsoft Visual Studio 2003. NET, 2005.

Бази даних МК АСУ АК

У структуру концептуальної моделі БД МК АСУ АК, крім основної моделі (Main model), яка включає повний перелік сутностей та зв'язків, для зручності представлення входить ряд іменованих підмоделей – предметних БД. Предметні БД відображають інформаційне середовище взаємодії сукупності предметно-орієнтованих функціональних задач.

До складу предметних баз даних, зокрема, входять БД: авіаційних двигунів; адміністрування; освітлення загальної обстановки; документів; інженерно-оперативних розрахунків з ІАЗ; інженерно-штурманських розрахунків; ЛА; особового складу; технічного обслуговування АТ; льотного складу; авіаційних засобів озброєння; гідрометеообстановки; матеріальних засобів ІАЗ; матеріальних засобів АТЗ; авіаційно-технічних засобів; робіт з АТЗ; оперативної взаємодії; бойового складу, базування та тактико-технічних характеристик засобів супротивника; перебазування; Планової таблиці польотів; бортового обладнання ЛА; пошуково-рятувальних засобів; об'єктивного контролю; технічних засобів МК; програмних модулів; профілів АРМ; користувачів; сценаріїв моделювання; довідників тощо.

4.1.6 Основні методи побудови та формування МК АСУ АК

При створенні МК АСУ АК були поєднані два методи, а саме: модульний та сценарний (модульно-сценарний метод).

Модульний метод дозволив побудувати гнучке і масштабоване моделююче середовище, що налаштовується залежно від завдання (сценарію) моделювання. Модульний метод дозволяє обирати та формувати будь-яку конфігурацію МК: у повному складі – для моделювання і відпрацювання всього комплексу ФЗ на всіх 4-х рівнях управління; у скороченому складі – для моделювання і відпрацювання окремих задач або комплексів задач у їх взаємодії.

Застосування модульної побудови МК і ФПЗ забезпечує можливість формування МК як сукупності підсистем і відповідних АРМ; кожного АРМ – як сукупності модулів реалізації окремих функцій і відповідних ФЗ, з визначенням повноважень і прав доступу користувачів АРМ до інформаційних ресурсів МК.

Таким чином, застосування модульного методу дозволяє: формувати будь-яку конфігурацію МК і АРМ, щоб забезпечити потреби користувача; додавати та підключати нові модулі при розширенні функціональності системи, що забезпечує гнучкість та масштабованість МК АСУ АК.

Сценарний метод дозволяє формувати МК для моделювання обраного процесу у відповідній конфігурації та відтворювати заданий процес управління засобами МК. Сценарій визначає послідовність кроків, задач, процесів, функцій, умовних переходів та інформаційних ресурсів з прив'язкою до ПЗ МК.

В результаті розроблення сценарію: визначаються вимоги до конфігурації МК; визначається склад АРМ посадових осіб, які беруть участь в організації та проведенні заданого технологічного процесу управління (виконанні комплексної задачі); для кожного АРМ призначається склад функціональних програмних модулів, що реалізуються, встановлюються права доступу користувачів АРМ та програмних додатків до інформаційних ресурсів БД;

визначається послідовність виконання задач на АРМ, регламент їх виконання та інформаційна взаємодія; визначається бажаний результат виконання сценарію. Напрацьовані сценарії (шаблони) зберігаються у БД МК для подальшого використання при відпрацюванні процесів організаційного управління і можуть використовуватися як на етапі розроблення АСУ АК, так і на етапі тренажа і підготовки спеціалістів з управління АК.

Розроблення сценарію виконується Групою розроблення сценарію та аналізу результатів моделювання (Підсистема адміністрування та управління функціонуванням МК).

Формування МК та організація виконання сценарію включає наступні операції.

1. Налаштування МК для виконання поставлених задач (реєстрація користувачів, призначення ним login/пароллю, визначення прав доступу, введення даних для моделювання, налаштування інформаційного обміну з об'єктами взаємодії, задання параметрів моделювання (початкове значення модельного часу, синхронізація часу МК).

2. Запуск імітаторів обстановки.

3. Запуск комплексу задач організації та управління обчислювальним процесом. Запуск і вирішення ФЗ згідно зі сценарієм.

4. Контроль у ході вирішення ФЗ: технічного стану МК, інформаційної взаємодії і мережевого обміну технічних засобів МК. Перевірка правильності виконання ФЗ відповідно до тестових даних.

5. Протоколювання всіх подій, ведення журналу/документування МК. Після завершення виконання сценарію – можливість відтворення і аналізу процесу моделювання.

6. Завершення моделювання.

Для кожного з операторів АРМ розроблено документ – «Інструкція виконання сценарію». Документ містить опис особливостей та порядку дій оператора при вирішенні комплексів ФЗ, які входять до сценарію.

Формування МК необхідної конфігурації для виконання сценарію виконується на АРМ адміністратора МК (рис. 4.4).

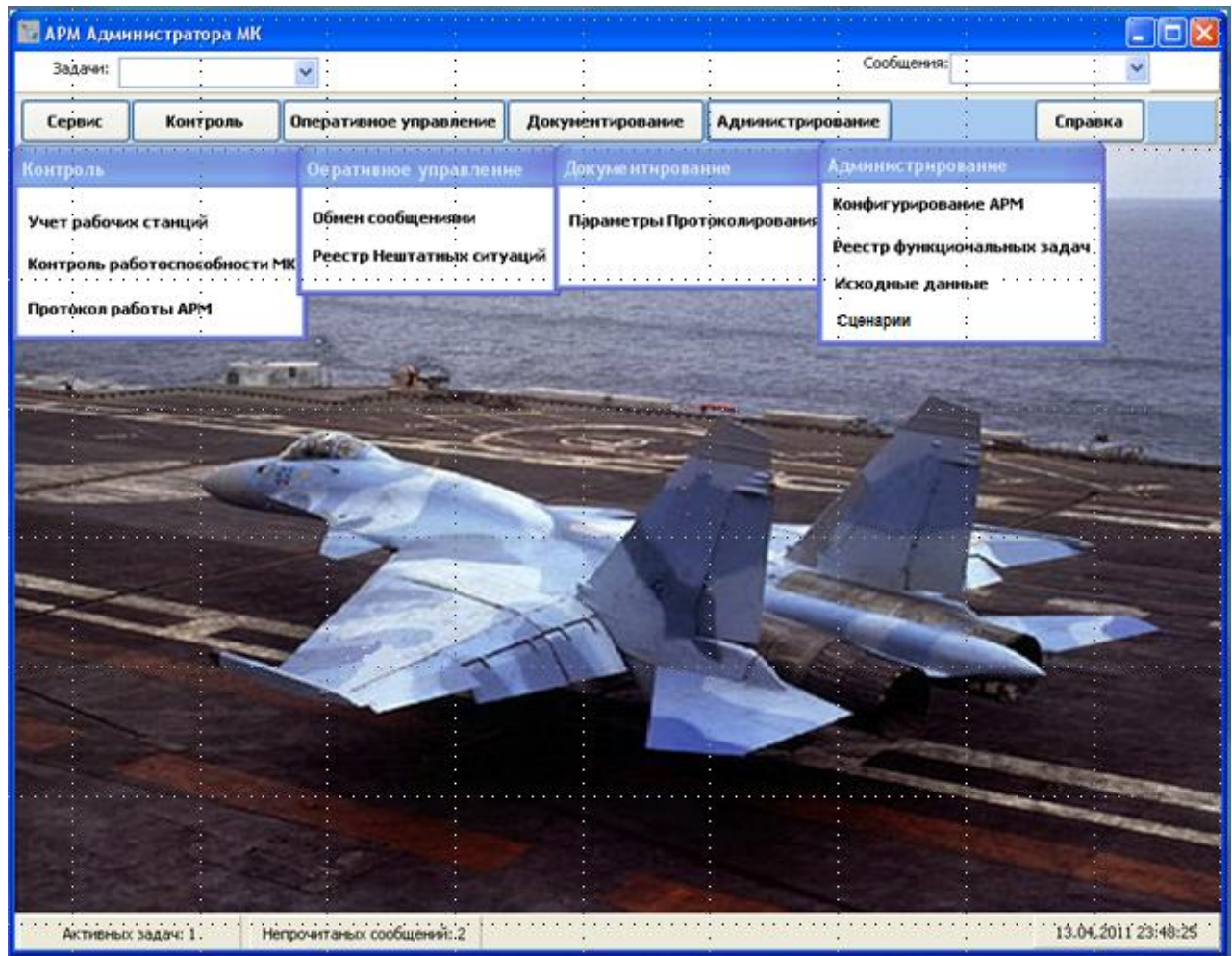


Рисунок 4.4 – Головна екранна форма АРМ адміністратора МК

У процесі реалізації сценарію на АРМ адміністратора виконується контроль працездатності основних елементів МК (рис. 4.5): сервера додатків, сервера БД, середовища взаємодії елементів МК, робочих станцій. Для кожної робочої станції контролюється інформація: АРМ, завантажений на робочу станцію; ім'я користувача АРМ; функціональна задача, що виконується на АРМ.

Контроль работоспособности МК

Статус компонент МК:

№	Компонента	Статус
1	Сервер Приложений	работает
2	Сервер БД	работает
3	Среда взаимодействия	работает

Частота автоматического обновления: сек.

Рабочие станции / АРМ: ☐ Загруженные АРМ

№	Имя PC	IP-адрес	АРМ	Пользователь	Функциональная задача
1	WorkStation01	192.168.0.61			
2	WorkStation02	192.168.0.62	Нач.штаба АГ	Петров	Разработка плановой таблицы полетс
3	WorkStation23	192.168.0.63	Зан.ком. ИАС	Сидоров	Разработка плановой таблицы полетс
4	WorkStation24	192.168.0.64			
5	WorkStation005	192.168.0.55	Командир АГ	Иванов	Разработка плановой таблицы полетс
6	WorkStation26	192.168.0.66			
7	WorkStation27	192.168.0.67			
8	WorkStation31	192.168.0.71			
9	WorkStation32	192.168.0.72			

Рисунок 4.5 – Экранна форма контролю працездатності МК

В процесі моделювання виконується протоколювання подій МК. Протокол за певну дату включає дії посадових осіб на АРМ, сформованих на робочих станціях МК, з фіксацією часу: підключення/відключення АРМ на робочих станціях, завантаження ФЗ на АРМ (рис. 4.6).

Протокол работы АРМ

Дата: 12.05.2010

Время	Рабочая станция	IP-адрес	АРМ	Пользователь	Операция
17:44:22	WorkStation005	192.168.0.55	Командир АГ	Иванов	подключение
17:48:43	WorkStation02	192.168.0.62	Нач.штаба АГ	Петров	подключение
17:52:15	WorkStation23	192.168.0.63	Зан.ком. ИАС	Сидоров	подключение
17:54:33	WorkStation005	192.168.0.55	Командир АГ	Иванов	Разработка плановой таблицы полетов
18:04:42	WorkStation005	192.168.0.55	Командир АГ	Иванов	Разработка плановой таблицы полетов
17:55:25	WorkStation23	192.168.0.63	Зан.ком. ИАС	Сидоров	Разработка плановой таблицы полетов
18:12:15	WorkStation23	192.168.0.63	Зан.ком. ИАС	Сидоров	отключение
18:28:43	WorkStation02	192.168.0.62	Нач.штаба АГ	Петров	отключение
18:54:33	WorkStation005	192.168.0.55	Командир АГ	Иванов	отключение

Рисунок 4.6 – Экранна форма протоколювання подій МК

Таким чином, реалізація сценарію дозволяє: сформувати єдине інформаційне середовище та виконати моделювання процесів управління АК; перевірити можливість інформаційної взаємодії між учасниками сценарію під час вирішення комплексів ФЗ; перевірити повноту та якість реалізованих програмно–технічних та функціонально–структурних проєктних рішень; здійснити тренаж та підготовку фахівців усіх рівнів управління АК.

На рисунках 4.7 – 4.8, як приклад, представлено екранні форми реалізації окремих функціональних задач і АРМ МК АСУ АК.

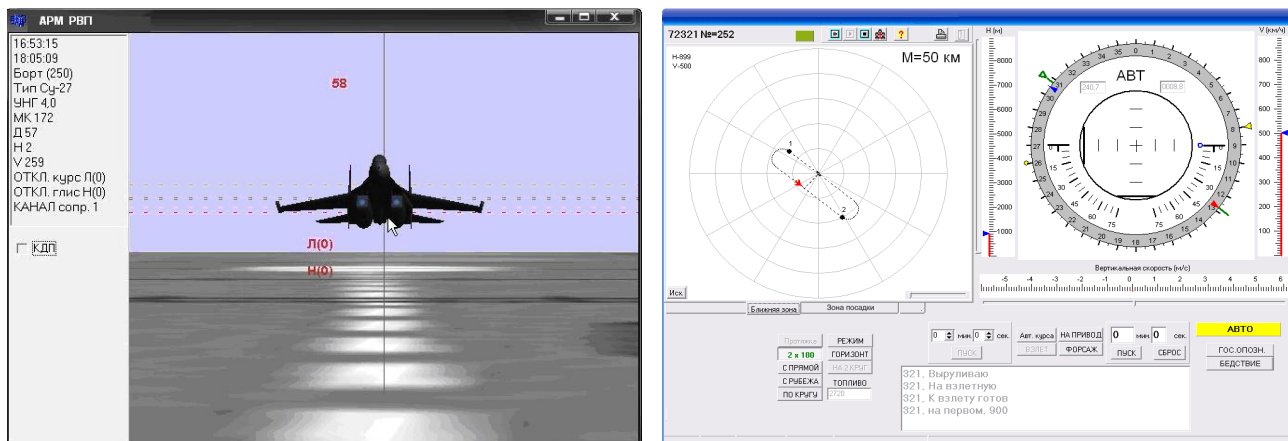
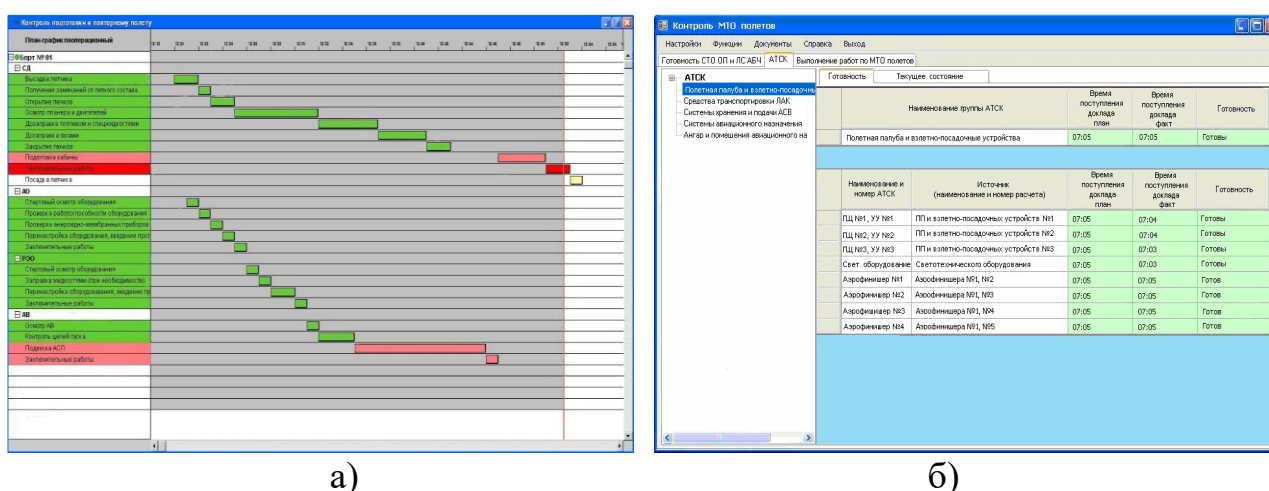


Рисунок 4.7 – Екранні форми виконання ФЗ на АРМ КДП



а)

б)

Рисунок 4.8 – Екранні форми виконання ФЗ на:

а) АРМ КП ІАЗ; б) АРМ КП АТЗ

4.2. Моделюючий комплекс для створення автоматизованої системи управління силами і засобами ЗСУ, що інтегрує в єдиний інформаційно-функціональний контур органи управління стратегічного, оперативного і тактичного рівнів – МК АСУ СЗ ЗСУ

4.2.1 Передумови створення МК АСУ СЗ ЗСУ

Створити СОУ силами та засобами ЗС, що реалізує сучасні підходи до управління військами при використанні широкого кола різномірних ресурсів, засобів і технологій, – складна задача, вирішити яку можливо тільки за умови створення та дослідження адекватної моделі, що поєднує дві основні складові

(сили та засоби) у їх функціонуванні як при повсякденній діяльності, так і при застосуванні за призначенням – у бойових умовах.

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 перспективних систем, АСУ СЗ ЗСУ, яка б відповідала сучасним вимогам щодо якості та оперативності управління силами і засобами ЗС України.

Необхідність розроблення МК АСУ СЗ ЗСУ пов'язана з наступними основними чинниками:

1. Наявністю великої кількості систем, що автоматизують окремі напрямки діяльності ЗСУ, але не взаємодіють між собою (так звана «клаптикова» автоматизація).

2. Необхідністю об'єднання діючих систем і систем, що розробляються, у *єдиний інформаційний простір* – для забезпечення взаємопорозуміння та взаємодії між ними; підвищення достовірності та повноти інформації, що вони використовують для виконання власних задач; формування та відображення єдиної для всіх інформаційної моделі обстановки, що склалася, на основі інтеграції даних, отриманих від різних джерел.

3. Необхідністю створення *єдиного інформаційно–функціонального контуру*, в якому діятимуть органи управління різних рівнів управління – для підвищення ефективності прийнятих рішень завдяки синергетичному ефекту, що виникає при об'єднанні інформаційних та функціональних ресурсів у їхній логічній ув'язці, та забезпечення розподіленого, але взаємопов'язаного виконання функцій та задач управління на цих рівнях.

4. Необхідністю вдосконалення, розроблення та впровадження нових *математичних моделей* та *методів* організаційного, оперативного та бойового управління і управління оборонними ресурсами ЗСУ, що передбачає підвищення адекватності формальних моделей, нарощування розмірності простору факторів, що враховуються при розподіленій обробці різномірневої

інформації; оптимізацію повноти і точності моделей, що використовуються при аналізі обстановки, прогнозуванні ситуації, прийнятті рішень та моделюванні їх наслідків.

5. Необхідністю опробовування та впровадження нових методів організаційного управління, що базуються на парадигмі «централізоване командування і децентралізоване управління».

4.2.2 Призначення МК АСУ СЗ ЗСУ

МК АСУ СЗ ЗСУ призначений для створення моделюючого середовища і технологічної платформи, що дозволять відпрацювати методи, технології та інструменти щодо інтеграції існуючих АС та АСУ воєнного призначення у єдиний інформаційно–функціональний контур органів управління різних рівнів та опрацювати вимоги (рекомендації) щодо створення нових складових АСУ СЗ ЗСУ.

МК АСУ СЗ ЗСУ може використовуватися як:

1. Випробувальний стенд для перевірки взаємодії складових елементів АСУ СЗ ЗСУ, їх функціональності та якісних характеристик інформаційних потоків (повнота/достатність, оперативність, точність і ін.).

2. Технологічна платформа для інтеграції гетерогенних складових елементів АСУ СЗ ЗСУ в ЄПП.

3. Платформа для створення та дослідження базових рішень щодо розбудови та створення перспективної АСУ СЗ ЗСУ (визначення вимог до структури, функцій, інформаційної взаємодії, архітектури та програмно–технічних засобів).

4. Платформа для створення, моделювання та відпрацювання програмних додатків, що забезпечують вирішення визначених ФЗ управління силами та засобами ЗСУ.

5. МК може стати основою для створення на його базі тренажно–моделюючого комплексу для організації тренажу та підготовки фахівців з автоматизованого управління силами і засобами ЗСУ на різних ієрархічних рівнях.

МК може бути застосований для об'єктивної оцінки ефективності функціонування апаратно–програмного комплексу системи, що розробляється, на *всіх стадіях її життєвого шляху*: передпроектних досліджень, проектування, створення, налагодження та тестування, впровадження та модернізації.

4.2.3 Основні методи побудови та формування МК АСУ СЗ ЗСУ

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

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

Інтеграційний метод

Аналіз тенденцій зміни характеру збройної боротьби показує, що висуваються зростаючі вимоги до інтеграції розподілених інформаційних, розвідувальних, оборонних та ударних систем. В основу такої інтеграції покладено принципи: об'єднання різновидових (різнорідних) сил (військ) з метою вирішення оборонних і наступальних завдань; модульна побудова та функціонування угруповань сил (військ); єдність розвідувальних, інформаційних систем, задіяних в районі бойових дій (операційному напрямку); здатність діяти без істотної перебудови у мирний та воєнний час, у будь-яких видах війн та збройних конфліктів; створення гнучких раціональних організаційних структур (командувань) для вирішення завдань.

Одним і, мабуть, першим, з важливих етапів створення інтегрованої АСУ СЗ ЗСУ є створення *єдиного інформаційного простору* ЗС України шляхом об'єднання різнорідних автоматизованих чи інформаційних систем в інтегровану систему таким чином, щоб процес та результат функціонування кожної з них залежав від результатів функціонування інших із підвищенням загального ефекту від автоматизації. Це дозволить більш обґрунтовано визначити реальні «вузькі місця» стану автоматизації ЗС України та

відокремити їх від проблем, пов'язаних із низьким рівнем інформаційної взаємодії складових АСУ, або низькою якістю інформаційного забезпечення вирішення задач окремими складовими АСУ без залучення усіх інформаційних можливостей системи в цілому.

В рамках розроблення МК АСУ СЗ ЗСУ здійснено спробу створення прототипу майбутнього єдиного інформаційного простору АСУ СЗ ЗСУ.

ЄП є концептуальним віртуальним простором, що містить дані, інформацію і знання і може використовуватися для зберігання, організації та доступу до даних, інформації і знань, а також їх представлення таким чином, щоб їх можна було легко зрозуміти і повторно використовувати.

Інтеграція даних до ЄП – це процес об'єднання даних із різних джерел в єдине уніфіковане подання, що включає низку взаємопов'язаних етапів. Інтеграція починається з процесу отримання потрібних даних та включає такі етапи, як очищення, трансформація і завантаження інформації для її подальшого використання (наприклад, аналізу або відображення оперативної, стратегічної та тактичної обстановки). Основна мета інтеграції даних — ефективно зібрати та оптимізувати дані з різних джерел, щоб користувачі могли максимально використовувати ці дані. Ідея полягає в тому, щоб створити гнучку структуру даних, яка надає потрібні дані в потрібний час потрібним зацікавленим сторонам.

Розглянемо, як відбувається інтеграція складових елементів АСУ СЗ ЗСУ у ЄП на МК. На рисунку 4.9 наведена схема, яка демонструє інтеграцію даних, з метою подальшої їх візуалізації, в рамках інтеграції АСУ СЗ ЗСУ (умовна назва АСУ) та зовнішніх сервісів (Система1, Система 2, Система 3).

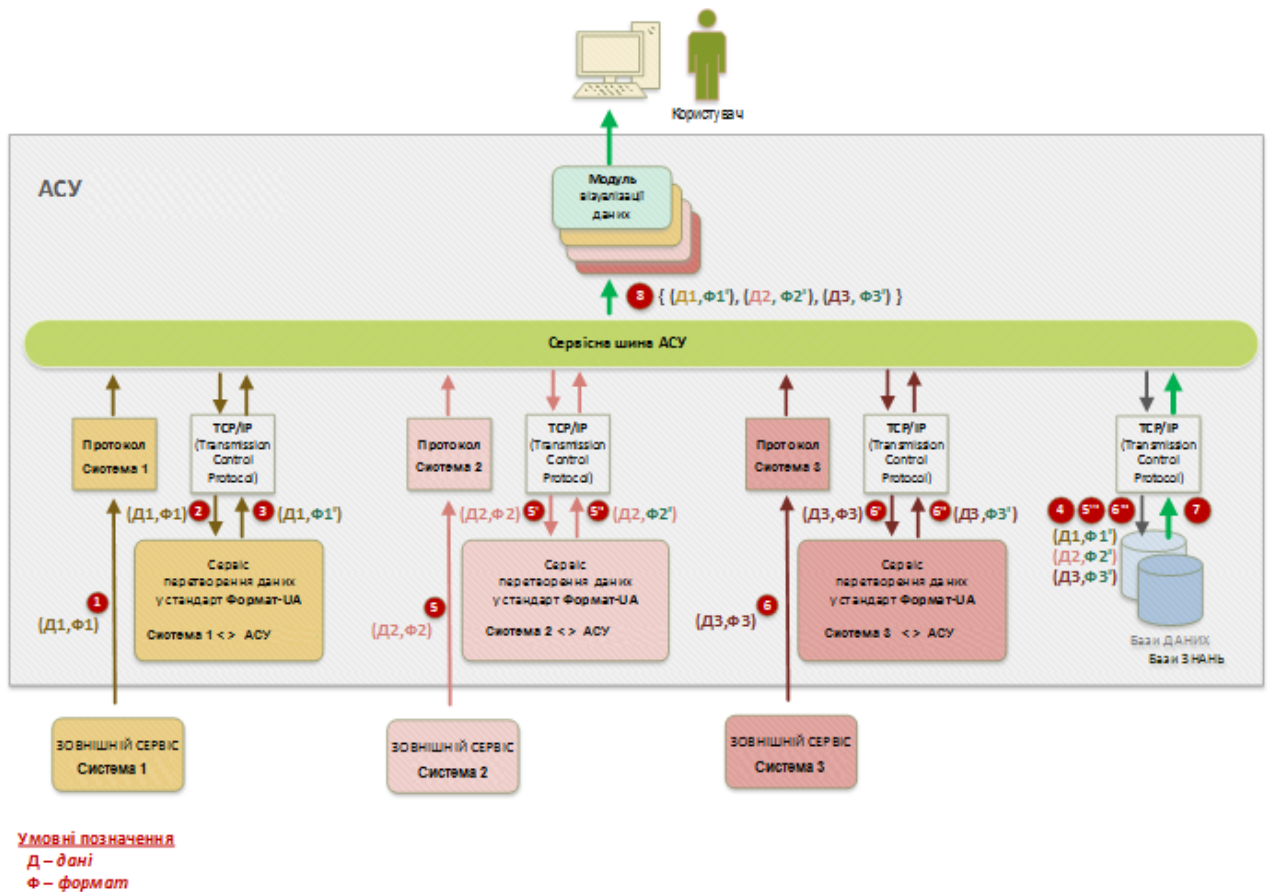


Рисунок 4.9 – Інтеграції даних різних систем в ЄІП

Розглядаються такі умови функціонування системи: користувач АСУ отримує інформацію, необхідну, наприклад, для прийняття рішень чи вирішення інших задач.

Дані від зовнішнього сервісу Система 1 через відповідний протокол надходять на сервісну шину у форматі, що надається Системою 1.

Далі від сервісної шини ці дані через стандартний протокол надходять на сервіс перетворення даних, де вони перетворюються на стандарт Формат-УА.

Перетворені дані сервісу Система 1 у форматі стандарту Формат-УА надходять на сервісну шину.

Після цього дані сервісу Система 1 у форматі стандарту Формат-УА через сервісну шину надходять (записуються) до бази даних.

Дані від зовнішніх сервісів Система 2 та Система 3 перетворюються і записуються в БД у форматі стандарту Формат-УА.

Далі дані, що перетворені, і які раніше були отримані від зовнішніх сервісів, з БД надходять на сервісну шину.

Тепер ці дані можна візуалізувати за допомогою відповідних модулів візуалізації.

Таким чином, користувач АСУ має можливість користуватись інформацією, що отримана від різних сервісів/систем (як внутрішніх, так і зовнішніх) для вирішення своїх задач (аналізу, прийняття рішень і т.д.).

На рисунку 4.10 зображена схема, що узагальнено відображає застосування функціональної інтеграції систем в МК.

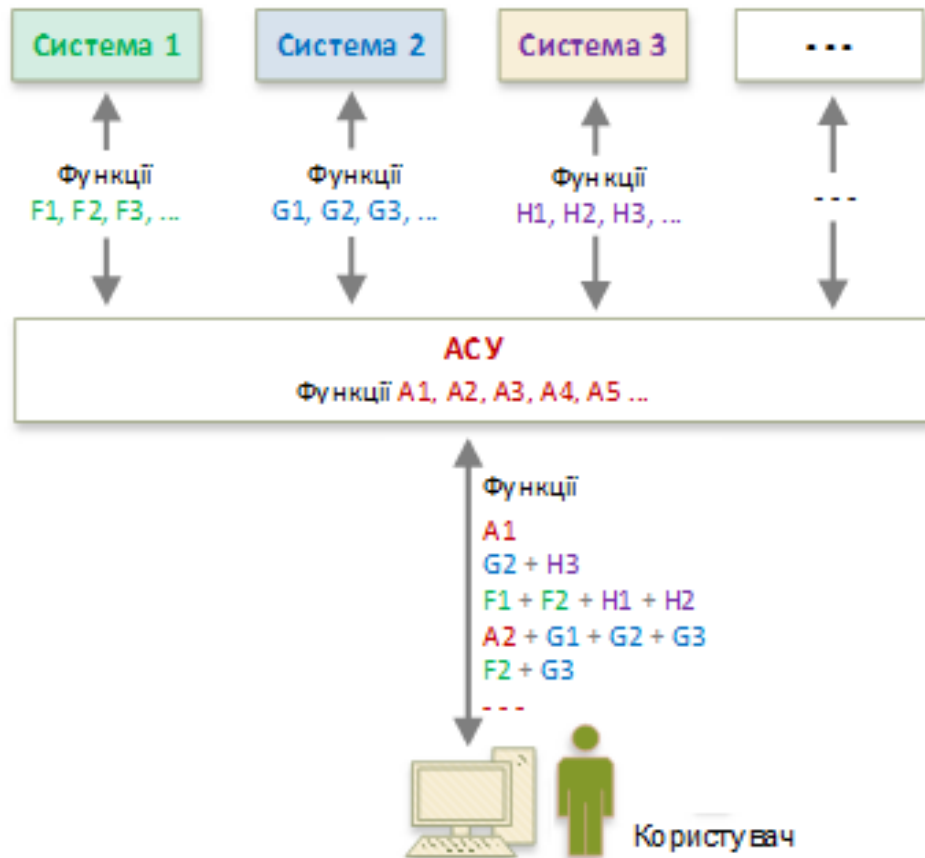


Рисунок 4.10 – Функціональна інтеграція – узагальнена схема застосування

При створенні МК АСУ СЗ ЗСУ були запропоновані та відпрацьовані методи інтеграції різномірної інформації, отриманої від декількох джерел (систем), методи обробки отриманої інформації (об'єднання; групування; розпізнавання (класифікації) багатоелементних об'єктів обстановки; визначення кількісних та якісних змін обстановки, достатніх для їх

автоматичного відображення на вищих рівнях управління; візуалізації аналітичної обробки інформації).

Сценарний метод

Для реалізації, дослідження, аналізу запропонованих рішень та їх демонстрації був розроблений сценарій моделювання, що ілюструє процес функціонування МК АСУ СЗ ЗСУ при відпрацюванні основних управлінських і технологічних рішень щодо трирівневого розподіленого автоматизованого процесу збору, перетворення, передачі, зберігання та відображення інформації, що циркулює в органах управління стратегічної, оперативної та тактичної ланки системи управління угруповання військ (сил).

Враховуючи обстановку, що склалася, було прийняте рішення зосередити увагу на моделюванні першочергової комплексної задачі – «Формування та відображення об'єднаної обстановки для різних рівнів управління шляхом інтеграції інформації, отриманої від різних джерел (систем)». Основою сценарію є легенда (військова операція): «Відбиття нападу агресора з повітря, суші і моря та недопущення вторгнення угруповань його військ на територію держави, у тому числі з отриманням військової допомоги від інших держав та міжнародних організацій».

Сценарій, що реалізується на МК, об'єднує в єдиному інформаційному середовищі АРМ посадових осіб тактичного, оперативного і стратегічного рівнів АСУ, що моделюються в МК засобами географічної інформаційної системи (ГІС) з відкритим кодом QGIS та АРМ користувачів із *учбовими версіями* реальних систем (імітаторів), які є джерелами тактичної інформації (*використовуються учбові дані*).

Розглянемо основні проєктні рішення щодо створення МК АСУ СЗ ЗСУ, які реалізовано для моделювання розробленого сценарію.

Склад технічних засобів МК для реалізації сценарію

Технічні засоби МК, що забезпечують реалізацію сценарію, включають наступні елементи: Сервер застосунків та керування МК; Робочі станції (РС) АРМ операторів МК (користувачів стратегічного, оперативного і тактичного

рівнів) – 3 шт.; PC АРМ операторів імітаторів – 2 шт.; PC АРМ Адміністратора; локальну мережу МК; засіб колективного відображення даних; комунікаційне обладнання, PC АРМ групи розроблення МК (рис. 4.11).

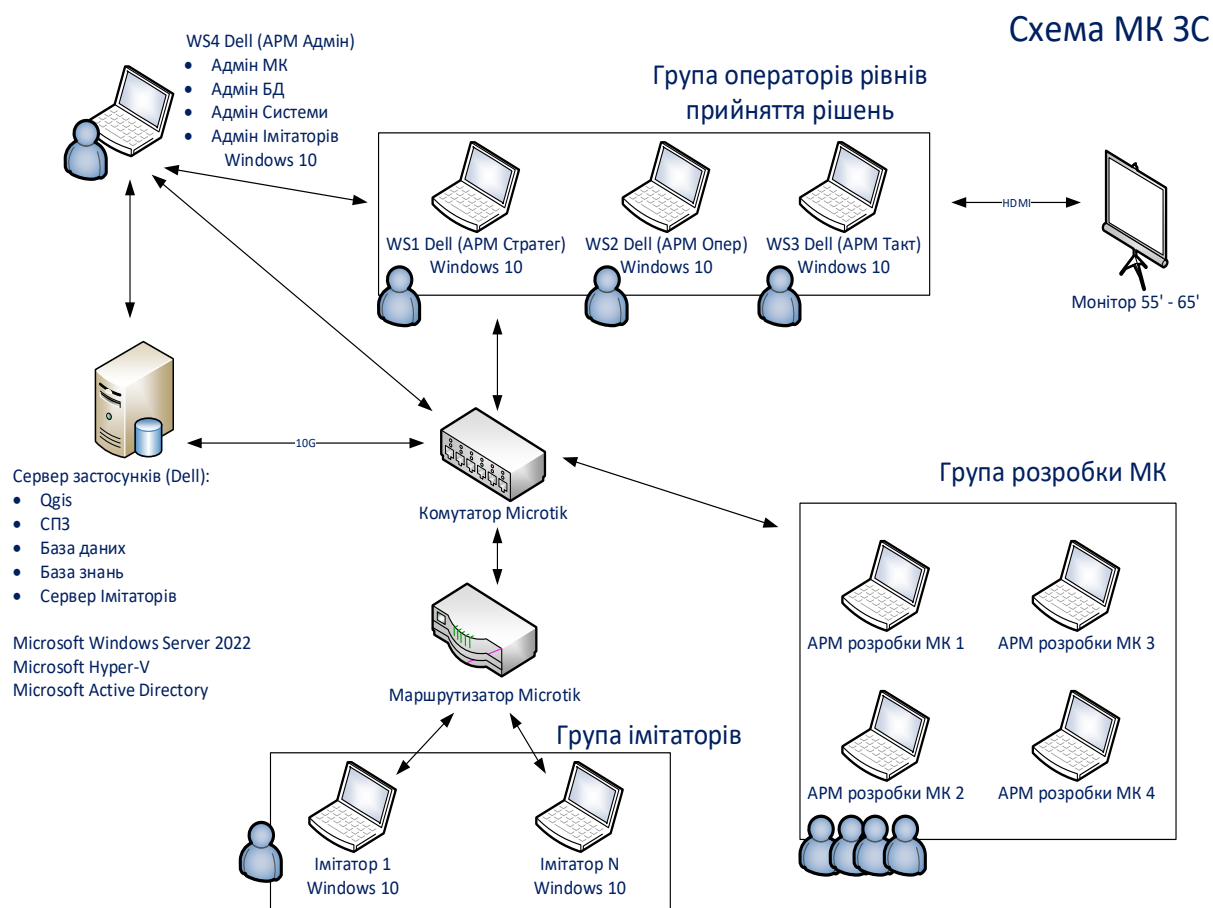


Рисунок 4.11 – Схема МК для реалізації сценарію

Склад програмних засобів МК для реалізації сценарію

Загальне програмне забезпечення

В таблиці 4.1 наведено конфігурацію загального програмного забезпечення МК, що забезпечує реалізацію сценарію.

Таблиця 4.1 – Конфігурація загального програмного забезпечення МК

Назва АРМ / Сервера	Програмне забезпечення	
АРМ МК: Стратегічний рівень Оперативний	• Мережева операційна система • Операційна система користувачів • Система керування базами даних	— Microsoft Windows 10 Professional Edition —

Назва АРМ / Сервера	Програмне забезпечення	
рівень	• Функціональне програмне забезпечення (ФПЗ) для вирішення функціональних задач • Інструментальні програмні засоби розробки прикладних програм для вирішення функціональних задач • Телекомунікаційні програмні засоби • Програмні засоби тестування та сервісного обслуговування	QGIS, Microsoft Power BI Desktop QGIS — QGIS
АРМ МК: Тактичний рівень	• Мережева операційна система • Операційна система користувачів • Система керування базами даних • Функціональне програмне забезпечення для вирішення функціональних задач • Інструментальні програмні засоби розробки прикладних програм для вирішення ФЗ • Телекомунікаційні програмні засоби • Програмні засоби тестування та сервісного обслуговування	— Microsoft Windows 10 Professional Edition — QGIS, Microsoft Power BI Desktop, Спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) QGIS, Python, Dagster, Qt — QGIS
АРМ МК: Адміністратор	• Мережева операційна система • Операційна система користувачів • Система керування базами даних • Функціональне програмне забезпечення для вирішення ФЗ • Інструментальні програмні засоби розробки прикладних програм для вирішення ФЗ • Телекомунікаційні програмні засоби • Програмні засоби тестування та сервісного обслуговування	— Microsoft Windows 10 Professional Edition — СПЗ, Microsoft Scheduler, Dagster QGIS, Python, Dagster, Qt — Python
Сервер застосунків	• Мережева операційна система • Операційна система користувачів • Система керування базами даних • Функціональне програмне забезпечення для вирішення функціональних задач • Інструментальні програмні засоби розробки прикладних програм для вирішення функціональних задач • Телекомунікаційні програмні засоби • Програмні засоби тестування та сервісного обслуговування	Microsoft Windows Server 2022 — PostgreSQL QGIS — — —

Назва АРМ / Сервера	Програмне забезпечення	
АРМ розроблення МК	- Мережева операційна система - Операційна система користувачів - Система керування базами даних - Функціональне програмне забезпечення для вирішення функціональних задач - Інструментальні програмні засоби розробки прикладних програм для вирішення функціональних задач - Телекомунікаційні програмні засоби - Програмні засоби тестування та сервісного обслуговування	— Microsoft Windows 10 Professional Edition PostgreSQL — QGIS, Python, Dagster, Qt — QGIS, Python
Імітатори	- Мережева операційна система - Операційна система користувачів - Система керування базами даних - Функціональне програмне забезпечення для вирішення функціональних задач - Інструментальні програмні засоби розробки прикладних програм для вирішення функціональних задач - Телекомунікаційні програмні засоби - Програмні засоби тестування та сервісного обслуговування	— Microsoft Windows 10 Professional Edition — Імітатор СПЗ Системи 1, Емулятор Android, Google Chrome (використовується для доступу до імітатора Системи 2) — — —
Маршрутизатори	Телекомунікаційні програмні засоби	Стандартне ПЗ для телекомунікаційного використання Mikrotik

Спеціальне програмне забезпечення МК для реалізації сценарію

Формування інтегрованого інформаційного ресурсу здійснюється на основі об'єднання інформаційних ресурсів систем різних рівнів. Інформаційний ресурс кожної системи формується у відповідності до завдань, а представлення інформації здійснюється на основі власного класифікатора (через відсутність загального державного класифікатора). Використання множини різнорідних джерел потребує процедур ідентифікації об'єктів розвідки (спостереження) і об'єднання даних від різних джерел про одні й ті самі об'єкти.

Оскільки представлення даних оперативної обстановки на різних рівнях системи управління відрізняється, то в МК виконується процедура агрегування

даних нижчого рівня управління для формування інформаційного ресурсу верхнього рівня (перетворення даних нижчого рівня до виду, потрібного для формування оперативної обстановки верхнього рівня і вирішення його оперативно–тактичних задач). Ці дані в подальшому об’єднуються на платформі інтеграції верхнього рівня управління з даними інших джерел і формують інформаційний ресурс цього рівня.

Для реалізації комплексної задачі сценарія розроблено спеціальне ПЗ для вирішення наступних функціональних задач:

1. «Реалізація інформаційного обміну між різнорідними складовими МК АСУ СЗ ЗСУ»;
2. «Об’єднання даних про об’єкти обстановки, що надходять від декількох зовнішніх систем»;
3. «Групування даних про об’єкти обстановки»;
4. «Автоматизоване розпізнавання багатоелементних (комплексних) об’єктів обстановки»;
5. «Визначення кількісних та якісних змін обстановки та їх відображення»;
6. «Візуальний аналіз бойової обстановки (ВАБО)».

Для реалізації задач розроблено відповідне математичне і програмне забезпечення.

Моделювання сценарію демонструє, як інтеграція інформації, отриманої від різних джерел (рис. 4.12), підвищує ситуаційну обізнаність посадових осіб всіх рівнів управління ЗСУ.

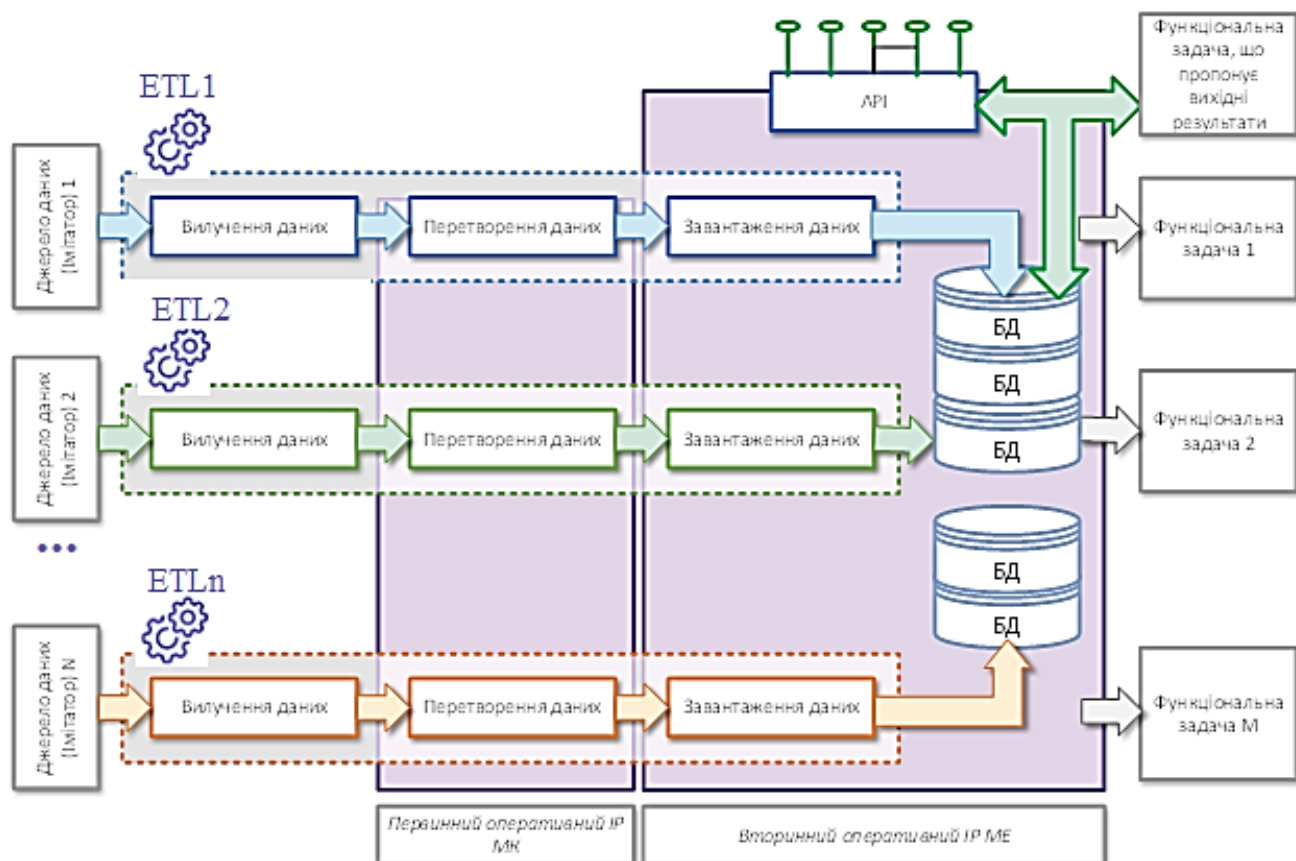


Рисунок 4.12 – Схема інформаційних процесів при інтеграції інформації, отриманої від різних джерел (імітаторів реальних систем) при реалізації сценарію моделювання

Нижче наведено екранні форми, що ілюструють фрагменти реалізації функціональних задач в процесі виконання сценарію моделювання (рисунки 4.13 – 4.18).

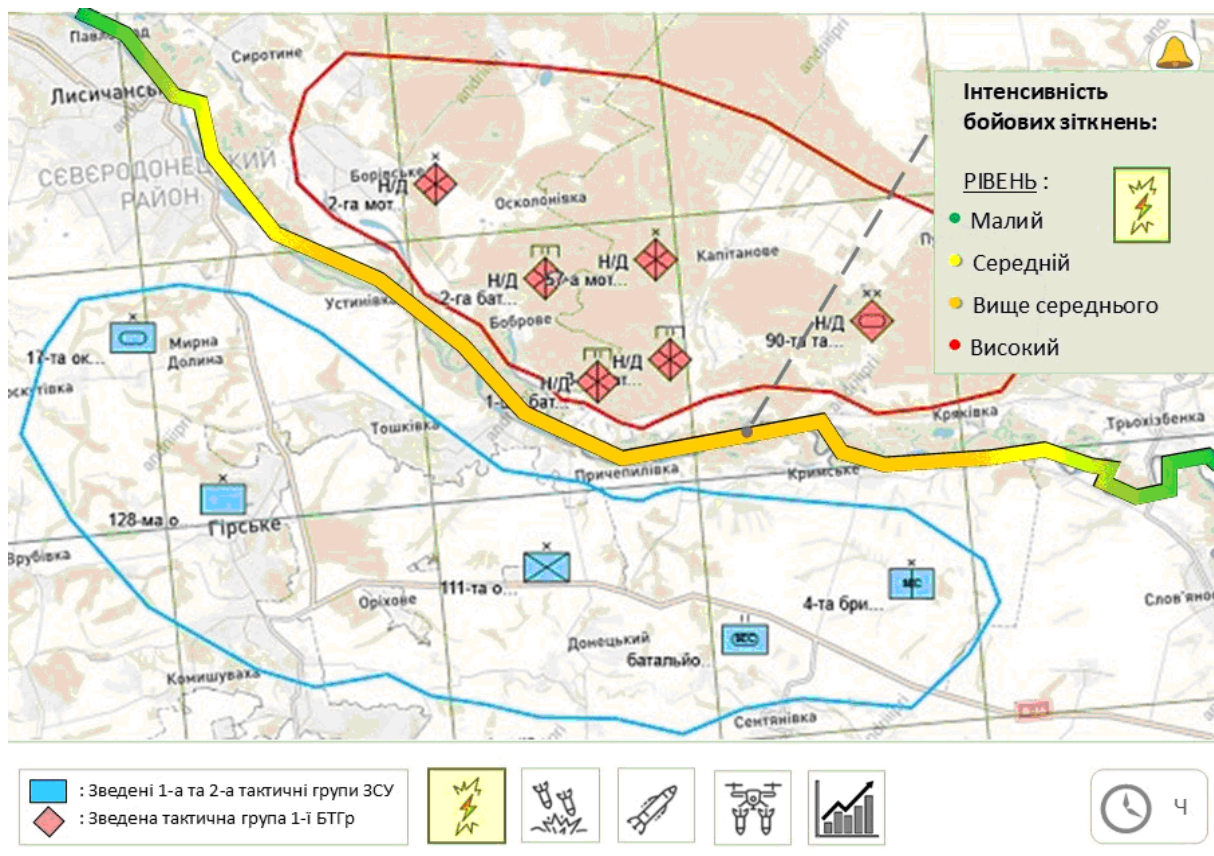


Рисунок 4.17 – Відображення лінії бойового зіткнення на момент часу «Ч»

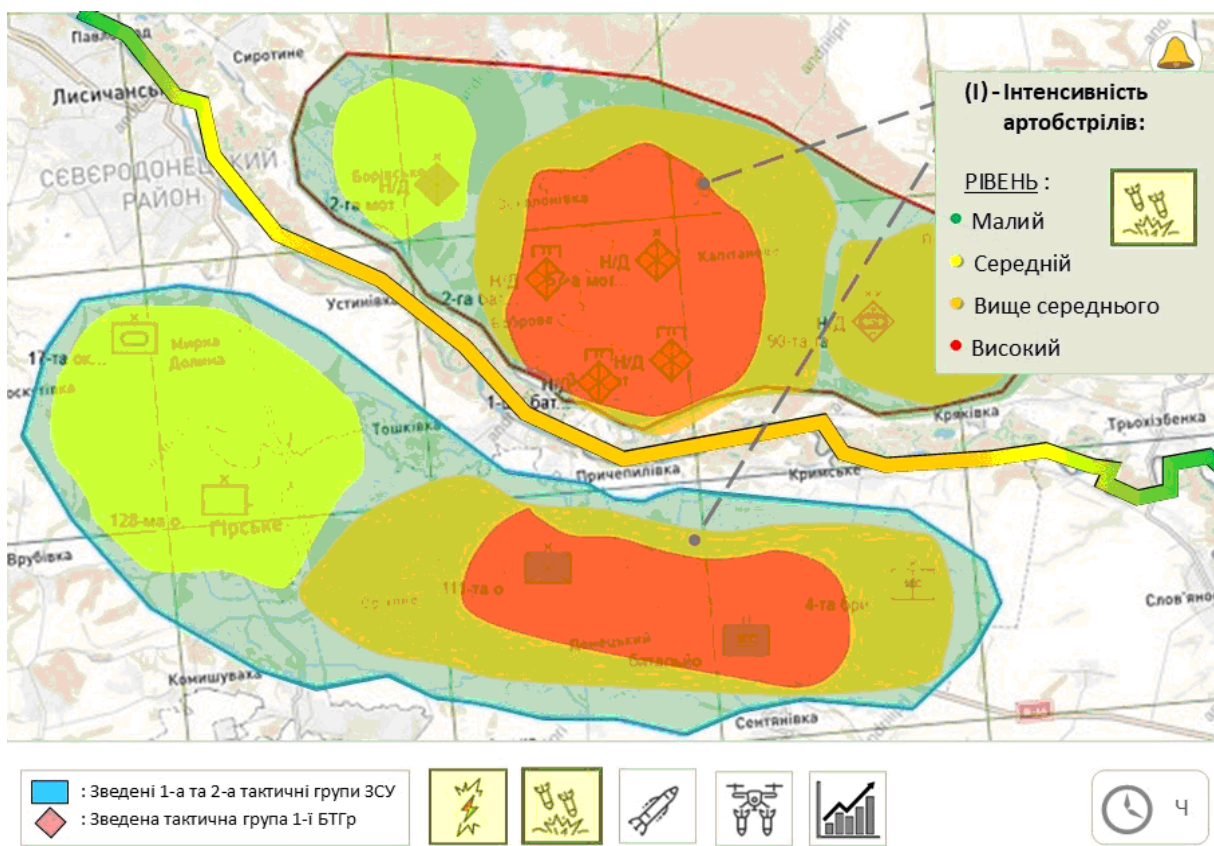


Рисунок 4.18 – Відображення інтенсивності артобстрілів на час «Ч»

Висновки до розділу 4

Запропоновані та розроблені методи формування КМК СОУ було застосовано та апробовано при розробленні та створенні моделюючих комплексів, описаних у розділі – МК АСУ АК та МК АСУ СЗ ЗСУ.

1. При створенні МК АСУ АК був застосований модульно-сценарний метод.

Застосування модульного методу побудови МК АСУ АК і функціонального програмного забезпечення 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.

Сценарний метод дозволяє формувати МК АСУ АК для моделювання обраного процесу у відповідній конфігурації та відтворювати заданий процес управління засобами МК.

2. При створенні МК АСУ СЗ ЗСУ був застосований модульно-інтеграційно-сценарний метод.

Модульний метод забезпечив можливість 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, що включає низку взаємопов'язаних етапів. Інтеграція починається з процесу отримання потрібних даних та включає такі етапи, як очищення, трансформація і завантаження інформації для її подальшого використання (наприклад, аналізу або відображення оперативної, стратегічної та тактичної обстановки).

Сценарний метод був застосований для реалізації, дослідження, аналізу запропонованих рішень та їх демонстрації при формуванні МК АСУ СЗ ЗСУ. Розроблений сценарій моделювання ілюструє процес функціонування МК АСУ СЗ ЗСУ при відпрацюванні основних управлінських і технологічних рішень щодо трирівневого розподіленого автоматизованого процесу збору, перетворення, передачі, зберігання та відображення інформації, що циркулює в органах управління стратегічної, оперативної та тактичної ланки системи управління угрупованням військ (сил).

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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dean, J. and Ghemawat, S. (2008) MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. Communications of the ACM, 51, 107-113.
2. Goodfellow, I., Bengio, Y. and Courville, A. (2016) Deep Learning. The MIT Press, Cambridge.
3. Lee, M. D. P. (2008). A Review of the Theories of Corporate Social Responsibility: Its Evolutionary Path and the Road Ahead. International Journal of Management Reviews, 10, 53-73.
4. Sterman, J.D. (2000) Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin McGraw-Hill, Boston. 982 p.
5. Bower, J., & Christensen, C. (1995). Disruptive Technologies: Catching the Wave. Harvard Business Review, 73, 43-53.
6. Fama, E. (1970) Efficient Capital Market: A Review of Theory and Empirical Work. Journal of Finance, 25, 382-417. <https://doi.org/10.2307/2325486>.
7. Luciano Floridi. The Fourth Revolution: How the Infosphere is Reshaping Human Reality/ OUP Oxford, 2014, 248 p.
8. Chalmers, D. J. (1996). *The conscious mind: In search of a fundamental theory*. Oxford University Press.
9. Sargent, R.G. (2013) Verification and Validation of Simulation Models. Journal of Simulation, 7, 12-24. <http://dx.doi.org/10.1057/jos.2012.20>
10. Banks, J., J. S. Carson II, B. L. Nelson, and D. M. Nicol: Discrete-Event System Simulation (5th Edition). Prentice Hall (2010).
11. Fishman, G.S. (1996) Monte Carlo: Concepts, Algorithms, and Applications. Springer-Verlag, New York. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-2553-7>
12. Додонов О.Г. Комп'ютерне моделювання систем організаційного управління // - Математичні машини і системи. – 2016. - №3. - С. 85-92.
13. Задачин В. М. Моделювання систем / В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2010. – 268 с.
14. Steinman, J. SPEEDES: Synchronous Parallel Environment for Emulation and Discrete-Event Simulation In SCS Western Multiconference on Advances in Parallel and Distributed Simulation (PADS91). Vol. 23, 1991. <https://connections-qj.org/ru/article/speedes-synchronous-parallel-environment-emulation-and-discrete-event-simulation>
15. Stevens, Clay and Bagheri, Hamid, "Parasol: Efficient Parallel Synthesis of Large Model Spaces" (2022).CSE Conference and Workshop Papers. 335. <https://digitalcommons.unl.edu/cseconfwork/335>
16. IEEE , Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Framework and Rules, 2010 IEEE Standard 1516-2010.
17. Кельтон В., Лоу А. Імітаційне моделювання. Київ: видавнича група BHV, 2004. 847с.
18. Додонов О.Г. Комп'ютерне моделювання процесів організаційного управління. Вісник НАН України, 2016, № 1. С. 69 – 77.

19. Додонов А.Г., Д.В. Ландэ, Путятин В.Г., Построение системы организационного управления авиационным комплексом / А.Г. Додонов, Д.В. Ландэ, В.Г. Путятин [и др.] // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2014. – Т. 16, № 1. – С. 28 – 43.
20. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Куценко С.А. Компьютерное моделирование системы организационного управления авиационным комплексом / А.Г. Додонов, В.Г. Путятин, С.А. Куценко [и др.] // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2014. – Т. 16, № 3. – С. 25 – 44.
21. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Буточнов А.Н. Организация структуры системы обработки информации и управления / А.Г. Додонов, В.Г. Путятин, А.Н. Буточнов // Математичні машини і системи. – 2014. – № 4. – С. 18 – 34.
22. Додонов А.Г., Путятин В.Г. Компьютерное моделирование системы управления мобильным авиационным комплексом / А.Г. Додонов, В.Г. Путятин // Математичні машини і системи. – 2014. – № 4. – С. 156 – 170.
23. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Куценко С.А. Сценарный подход к моделированию функциональных задач на компьютерном моделирующем комплексе / А.Г. Додонов, В.Г. Путятин, С.А. Куценко [и др.] // Математичні машини і системи. – 2015. – № 2. – С. 113 – 129.
24. О.Г. Додонов, В.Г. Путятін, С.А. Куценко, Д.В. Ланде. Побудова узагальненої структури інформаційної системи організаційного управління. Математичні машини і системи, 2017, № 3, с.3-22.
25. Управление процессом моделирования при решении функциональных задач на АРМ компьютерной модели ИСОУ АК / А.Г. Додонов, В.Г. Путятин, С.А. Куценко [и др.] // Сб. трудов пятой Международной научной конференции МОДЕЛИРОВАНИЕ-2016, (Киев, 25–27 мая 2016 г.). – К.: ИПМЭ НАН Украины, 2016. – С. 225 – 228.
26. Горбулін В.П., Додонов О.Г. Моделюючий комплекс для створення автоматизованої системи управління, що інтегрує в єдиний інформаційний контур органи управління стратегічного, оперативного і тактичного рівнів. // Озброєння та військова техніка, 2023, № 2(38). – С.57-64.
27. Ляшенко М.О., Парамонов О.Г., Попов О.Ю., Петренко О.В. Інтеграція різнорідних інформаційних систем для створення електронного безпаперового виробництва. URL: <http://a-ps.com.ua/statti/integraciya-raznorodnyx-informacionnyx-sistem-dlya-sozdaniya-elektronno-go-bezbumazhnogo-proizvodstva/>
28. Тимошенко Р. І., et al. Проблемні питання розроблення сценаріїв воєнних (бойових) дій в інтересах запобігання воєнним конфліктам. Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень НУОУ імені Івана Черняхівського, 2017, 103-108.
29. Kevin Pollpeter, 2010 “Towards an Integrative C4ISR System: Informationization and Joint Operations in the Peoples Liberation Army”, <https://www.jstor.org/stable/pdf/resrep11945.8.pdf>, accessed 10 July 2022.
30. Khimeche, L., Bouvier, E., & Mounet, L. (2018). Tactical Data Links in a C2SIM Environment. 2018 Fall Simulation Innovation Workshop. Orlando, FL: SSO.
31. MCDERMOTT, Roger N.; BARTLES, Charles. The Russian military decision-making process & automated command and control. 2020.

32. Pullen, J. M., & Khimeche, L. (2014). Advances in Systems and Technologies toward Interoperating Operational Military C2 and Simulation Systems. 19th International Command and Control Research and Technology Symposium (ICCRTS). Alexandria, VA: CCRP.
33. Pullen, J. M., Corner, D., & Wittman, R. (2013). Next Steps in MSDL and C-BML Alignment for Convergence. IEEE 2013 Spring Simulation Interoperability Workshop. San Diego, CA: SISO.
34. How to implement DataOps? – DataOps Redefined! <https://www.thedataops.org/how-to-implement-dataops/>
35. How To Implement A Successful DataOps Strategy And Why It Matters - Forbes. <https://www.forbes.com/sites/forbesbusinessdevelopmentcouncil/2022/01/24/how-to-implement-a-successful-dataops-strategy-and-why-it-matters/>
36. Complete DataOps Implementation Guide - iCEDQ. <https://icedq.com/dataops/dataops-implementation-guide>
37. 3 ways DataOps improves value from data and analytics. - Gartner. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/how-dataops-amplifies-data-and-analytics-business-value>
38. What Is DataOps and How Does It Work? - SearchDataManagement. <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/DataOps>
39. Gartner, Market Guide for DataOps Tools, Robert Thanaraj, Sharat Menon, Ankush Jain, 5 December 2022. <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-BX1SAUV&ct=221206&st=sb>
40. What Is a Data Pipeline? Types, Solutions, and Examples - G2. <https://www.g2.com/articles/data-pipeline>
41. What Is a Data Pipeline? (Plus Types and How-To) | Indeed.com. <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/what-is-data-pipeline>
42. SURI, Niranjana, et al. A realistic military scenario and emulation environment for experimenting with tactical communications and heterogeneous networks. In: 2016 International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMACY). IEEE, 2016. p. 1–8.
43. Business Process Model and Notation v2.0. URL: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>
44. О. Г. Додонов, В. Р. Сенченко, О. В. Коваль, А. В. Бойченко. Моделювання сценаріїв аналітичної діяльності на основі нотації BPMN та OWL // Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2020, Т. 22, № 1. – С.41- 48.
45. Pecypc BPMN-to-S-BPM-Ontology. URL: <https://github.com/reiterma13/>
46. Pecypc PM2ONTO. URL: <https://github.com/lukasriehl/pm2onto>
47. Marco ROSPOCHER, Chiara GHIDINI and Luciano SERAFI. An ontology for the Business Process Modelling Notation. URL: <https://dkm-static.fbk.eu/resources/ontologies/BPMN/BPMNontology.pdf>
48. Novogrudska R.L., Globa L.S., Koval O.V., Senchenko V.R. Ontology for Applications Development. Chapter 2. Ontology in Information Science; Book edited by Ciza Thomas. Print ISBN 978-953-51-3887-7. Published: March 8, 2018. P. 29–53. URL: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74042>.

49. Никифоров О.В., Додонов А.Г., Путятин В.Г. //Принятие решений организационного управления на основе онтологии деятельности. Інформаційні технології та безпека. Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції ІТБ-2021. – Київ: Інжиніринг. – С.30-36. ISBN: 978-966-2344-84-4.

50. Додонов А.Г., Никифоров А.В., Путятин В.Г., Додонов В.А. Моделирующие комплексы автоматизированных систем организационного управления – средство преодоления кризиса управления // Информационные технологии и безопасность. Материалы XIX Международной научно-практической конференции ИТБ-2019. – К.: ООО "Инжиниринг", 2019. – С/. 17-48. ISBN 978-966-2344-72-1.

51. Путятин В.Г. Выбор рационального варианта технической реализации сложной организационно-технической системы в условиях многокритериальности // - Реєстрація, зберігання і обробка даних, - 2015. - Т.17, №4. – С. 71-92.

52. Додонов А.Г., Путятин В.Г. Буточнов А.Н., Козлов Н.С., Юзefович В.В. Организация структуры системы обработки информации и управления. //- Математические машины и системы. – 2014. - №4. – С.18-34.

53. Додонов А.Г., Ландэ Д.В., Путятин В.Г. Организация структуры автоматизированной системы обработки информации и управления // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної наукової конференції 14-15 травня 2014 року / НАН України. Інститут проблем реєстрації інформації; відпов. ред. В.В.Петров. – К.: ІПРІ НАН України, 2014. - С. 52-55.

54. Додонов А.Г., Ландэ Д.В., Путятин В.Г. Автоматизированная система обработки информации и управления. //В сборнике: Информационные технологии и безопасность: основы обеспечения информационной безопасности. Материалы международной научной конференции ИТБ-2014. Вып.14. – К.: ИПРИ НАН Украины, 2014. – С. 171 – 176.

55. Додонов А.Г., Ландэ Д.В., Путятин В.Г. Компьютерные информационно-аналитические системы. Толковый словарь. – К.; Наук.думка, 2011. – 384 с.

56. Путятин В.Г., Валетчик В.А., Додонов В.А. Системный подход к проектированию автоматизированных систем обработки информации и управления. // Реєстрація, зберігання і обробка даних, - 2007, -Т.9. - №1. – С. 56 – 72.

57. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Валетчик В.А.. Организация структуры моделирующего стенда для отработки функционирования бортовых радиолокационных комплексов. // Реєстрація, зберігання і обробка даних. - 2006. – Т. 8, № 2. - С. 61-71.

58. Vasyliiev V.V., Dodonov A.G. *Hybrid models of optimization problems*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1974). [Васильев В.В., Додонов А.Г. *Гибридные модели задач оптимизации*. К.: Наук. думка, 1974.

59. Dodonov A.G., Hadzhinov V.V., Voloskov I.I. *Computer systems for solving operational and organizational management problems*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1988).

60. Додонов А.Г., Хаджинов В.В., Волосков И.И. *Вычислительные системы для решения задач оперативно-организационного управления*. К.: Наук. думка, 1988.

61. Dodonov A.G., Gorbachyk O.S., Kuznietsova M.G. Systems of organizational management: information technologies and security. In: *Information technologies and security: state assessment*. Proc. Int. Sci. Conf. ITS-2013.V.13. P.5.

62. Додонов О.Г., Горбачик О.С., Кузнецова М.Г. Системи організаційного управління: інформаційні технології та безпека. В кн.: *Информационные технологии и*

безопасность: оценка состояния: матер. Междунар. науч. конф. ИТБ-2013. Т. 13. К.: ИПРИ НАНУ, 2013. С. 5 – 11.

63. Додонов А.Г., Литвиненко А.Е., Луцкий М.Г. Методы принятия решений в автоматизированной системе управления предполетной подготовкой летательных аппаратов. К.: НАУ, 2011.

64. AnyLogic. (n.d.). AnyLogic Simulation Software. Retrieved from [AnyLogic](<https://www.anylogic.com/>)

65. Knowledge society International Bureau of Education (unesco.org) <https://www.ibe.unesco.org/en/glossary-curriculum-terminology/k/knowledge-society>

66. What Are Analytical Skills? Definition, Examples and Tips <https://www.indeed.com/career-advice/resumes-cover-letters/analytical-skills>

67. Oleksandr V. Koval 1, Valeriy O. Kuzminykh 1, Iryna I. Husyeva 1, Xu Beibei 2 and ZhuShiwei Improving the Efficiency of Typical Scenarios of Analytical Activities <https://ceur-ws.org/Vol-3241/paper12.pdf>

68. Hierarchy Management System: Understanding Levels and How the Tool Works. <https://desktrack.timentask.com/blog/hierarchy-management-system-understanding/>

69. MANAGEMENT CONTROL SYSTEMS: Types, Features, and Examples <https://businessyield.com/management/management-control-systems/>

70. Daniel E. McNamara. From Fayol's Mechanistic To Today's Organic Functions Of Management <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1052767.pdf>

71. Methods of future and scenario analysis: overview, assessment, and selection criteria / Hannah Kosow; Robert Gaßner. DIE Research Project "Development Policy: Questions for the Future". – Bonn :Dt. Inst. für Entwicklungspolitik, 2007 – (Studies / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik; 39) ISBN 978-3-88985-375-2.

72. Додонов О.Г., Коваль О.В., Сенченко В.Р., Шпурик В.В. Автоматизована система формування сценарію аналітичної діяльності. Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2019. Т. 21, № 1. С. 11 – 22.

73. Кузьмичов А.І. Потокowe моделювання мережевих структур організаційних процесів. Реєстрація, зберігання і обробка даних. Щорічна підсумкова наукова конференція 18–19 травня 2021 року, Київ -сс. 72 – 74.

74. Senchenko V., Koval A., Gerayimchuk M., Khazanovych Y.: Ontological design of an intelligent system for studying hydroacoustical processes IEEE ICPCSI-2017 – International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering 21–22 September 2017 INDIA.

75. Бойченко А.В. Побудова онтологічної моделі для задач сценарного аналізу. Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2016. Т.18, № 4. С.79– 85.

76. Ланде Д.В., Бойченко А.В. Організація аналітичної діяльності на основі сценарного підходу. Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2015. Т.17, №1. С.68–76.

77. Демиденко М.А. Системи підтримки прийняття рішень Навчальний посібник Нац. гірн. ун-т. — Електрон. текст. дані. — Д. : 2016. — 104 с. — Режим доступу: <http://nmu.org.ua>

78. Improving the Efficiency of Typical Scenarios of Analytical Activities Oleksandr V. Koval 1, Valeriy O. Kuzminykh 1, Iryna I. Husyeva 1, Xu Beibei 2 and ZhuShiwei <https://ceur-ws.org/Vol-3241/paper12.pdf>

79. Scenario Method – European Foresight Platform - AIT. <http://foresight-platform.eu/community/forlearn/how-to-do-foresight/methods/scenario/>
80. Trends to Watch: Data Management and Analytics <https://theecmconsultant.com/data-management-trends/>
81. Thomas Koulopoulos, 3 Myths of Entrepreneurship That Most Business Books Won't Tell You: <https://www.inc.com/thomas-koulopoulos/3-myths-of-entrepreneurship-that-most-business-books-wont-tell-you.html>
82. Wendi Bukowit and Ruth L. Williams The Knowledge Management Fieldbook Hardcover – January 1, 1999, ISBN-10 : 0273638823.
83. The most popular social networks in Ukraine during the war <https://mezha.media/en/2022/08/06/the-most-popular-social-networks-in-ukraine-during-the-war-research-by-global-logic/>
84. Gartner Magic Quadrant for Data Science and Machine Learning Platforms URL:<https://rapidminer.com/resource/gartner-magic-quadrant-data-science-platforms>
85. IBM Watson Studio: <https://www.ibm.com/products/watson-studio>
86. Azure Synapse Analytics: <https://azure.microsoft.com/en-us/products/synapse-analytics/>
87. The Team Data Science Process lifecycle <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/data-science-process/lifecycle>
88. AI and machine learning <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/data-science-process/overview>
89. Google Cloud Platform: <https://github.com/GoogleCloudPlatform>.
90. Google Cloud AutoML Operators <https://airflow.apache.org/docs/apache-airflow-providers-google/stable/operators/cloud/automl.html>
91. TensorFlow: <https://www.tensorflow.org/>
92. Amazon Web Services: <https://habr.com/ru/hubs/aws/articles/>
93. RapidMiner Studio: Visual Workflow Designer for Data Scientists: <https://rapidminer.com/products/studio/>
94. KNIME Analytics Platform: <https://www.knime.com/knime-analytics-platform>
95. Open source machine learning and data visualization: <https://orangedatamining.com/>
96. Java-based machine learning app designed to solve issues with data mining <https://weka.en.download.it/download>
97. Alteryx: Data Science and Analytics Automation Platform: <https://www.alteryx.com/>
98. RapidMiner_minibook.pdf - Prof. Alberto J. Alvares http://alvarestech.com/temp/Rapidminer/RapidMiner_minibook.pdf

ДОДАТОК А

АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Інститут проблем реєстрації
інформації НАН України
Директор ІПРІ НАН України
академік НАН України



Вячеслав ПЕТРОВ
(підпис)
2025 р.

ДОВІДКА

Про впровадження результатів дисертаційних досліджень
Здобувача Інституту проблем реєстрації інформації НАН України
Додонова Євгенія Олександровича
в дослідно-конструкторській роботі

Ми, що нижче підписалися, старший науковий співробітник, кандидат технічних наук Храмова І.О., кандидат технічних наук Сенченко В.Р., та кандидат технічних наук Бойченко А.В. склали цей акт про те, що при виконанні науково-дослідної роботи «Створення моделюючого комплексу для створення автоматизованої системи управління силами і засобами ЗСУ, що інтегрує в єдиний інформаційно-функціональний контур органи управління стратегічного, оперативного і тактичного рівнів управління – МК АСУ СЗ ЗСУ» в Інституті проблем реєстрації інформації НАН України впроваджено результати дисертаційних досліджень здобувача Додонова Є.О. Зокрема, використано модульно-інтеграційно-сценарний метод побудови моделюючого комплексу.

Ефект від такого впровадження полягає у підвищенні якості апробованих в процесі комп'ютерного експерименту проєктних рішень для створення перспективної АСОУ, що заощадило час, знизило витрати та значно зменшило ризики невірних рішень, зокрема, у випадку дослідження та створення АСОУ військового призначення.

Старш. наук. співроб.
ІПРІ НАН України
канд. тех. Наук

І.О. Храмова

Старш. наук. співроб.
ІПРІ НАН України
канд. тех. Наук

В.Р. Сенченко

Старш. наук. співроб.
ІПРІ НАН України
канд. тех. Наук

А.В. Бойченко



ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«КОРПОРАТИВНІ РІШЕННЯ»

м. Київ, вул. Михайла Бойчука, 28, оф. 47
тел: +38 044 465 58 77; e-mail: info@e-s.tech; http://e-s.tech;
Код ЄДРПОУ 21671336; р/р UA67305299000026008000119394,
АТ КБ «ПРИВАТБАНК», МФО 305299
Свідчення про реєстрацію платника ПДВ № 200668379
Індивідуальний податковий номер 216713326551



Директор ТОВ «Корпоративні рішення» **ЗАТВЕРДЖУЮ**
Андрій ВОРОНИЙ 2025 р.

АКТ

Впровадження результатів дисертаційної роботи
Додонова Євгенія Олександровича

Комісія у складі голови комісії – директора ТОВ «Корпоративні рішення» Вороного А.П. та членів комісії начальника Департаменту розробки систем, кандидата технічних наук, Сердюка Г.В., начальника Департаменту розробки програмних рішень, кандидата технічних наук, Дьоміна Д.В., цим Актом засвідчує, що результати дисертаційного дослідження здобувача Інституту проблем реєстрації інформації НАН України Додонова Євгенія Олександровича використані у проєктах компанії, а саме:

1. Прогноз по розробці спеціальних програмних засобів по модернізації програмного забезпечення блоків та систем складових частин радіотелескопу та також проведення випробування розробленого СПЗ на спеціально створеному моделюючому програмно-технічному комплексі імітаційної автоматизованої системи управління, для відпрацювання та налаштування взаємодії різномірних компонентів системи. (Замовник ПрАТ НВП «Сатурн», Державне космічне агентство України (ДКАУ)).

2. Прогноз по розробці комплексної системи радіоелектронної розвідки. (Замовник - МОУ).

Застосування розроблених в рамках дисертаційного дослідження методів формування моделюючих комплексів автоматизованих систем організаційного управління надало можливість створення імітаційних єдиних інформаційних середовищ з наявними зовнішніми джерелами інформації та готовими сценаріями взаємодії компонентів систем, відпрацювання роботоспроможності спеціального програмного забезпечення та тренажу посадових осіб, без втручання в реальну систему, що заощадило час, знизило витрати на виробництво, налаштування систем, та значно зменшило ризики невірних рішень, зокрема, у випадку створення систем спеціального призначення.

Голова комісії
Директор ТОВ «Корпоративні рішення»

члени комісії

нач. Департаменту розробки систем
ТОВ «Корпоративні рішення», к.т.н.

нач. Департаменту розробки прог. ріш.
ТОВ «Корпоративні рішення», к.т.н.



Андрій ВОРОНИЙ

Геннадій СЕРДЮК

Дмитро ДЬОМІН

ДОДАТОК Б

ФРАГМЕНТИ ВИХІДНОГО КОДУ ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ

\\Фрагмент вихідного коду СПЗ. Модуль передпольотної/післяпольотної підготовки ЛАК та імітація виконання завдання. \\

```
import time
import random
from abc import ABC, abstractmethod
from enum import Enum

class CrewState(Enum):
    READY = "Готовий"
    STRESSED = "Стрес"
    EXHAUSTED = "Виснажений"
    UNCONSCIOUS = "Непритомний"

class SimulationModule(ABC):
    def __init__(self, name, duration, failure_chance, agent_id, crew_state=CrewState.READY):
        self.name = name
        self.duration = duration # в секундах
        self.failure_chance = failure_chance
        self.crew_state = crew_state
        self.agent_id = agent_id

    @abstractmethod
    def step_logic(self):
        pass

    def execute(self):
        print(f"▶ [Agent {self.agent_id}] Початок модуля: {self.name}")
        for i in range(self.duration):
            time.sleep(1)
            print(f"[Agent {self.agent_id}] Секунда {i+1}/{self.duration}...")
            self.update_crew_state(i)
            if random.random() < self.failure_chance:
                print(f"[Agent {self.agent_id}] ВІДМОБА! Модуль не завершено.")
                return False
            self.step_logic()
        print(f"[Agent {self.agent_id}] Модуль завершено | Стан екіпажу: {self.crew_state.value}\n")
        return True

    def update_crew_state(self, second):
        if second > self.duration * 0.8:
            self.crew_state = CrewState.EXHAUSTED
        elif second > self.duration * 0.5:
            self.crew_state = CrewState.STRESSED
        else:
            self.crew_state = CrewState.READY
```

```

class AircraftPreparationModule(SimulationModule):
    def __init__(self, agent_id):
        super().__init__("Підготовка літака", duration=4, failure_chance=0.1, agent_id=agent_id)
    def step_logic(self):
        print(f"🛩️ [Agent {self.agent_id}] Літак заправлено, боєприпаси завантажено.")

class CombatMissionModule(SimulationModule):
    def __init__(self, agent_id):
        super().__init__("Бойове завдання", duration=5, failure_chance=0.2, agent_id=agent_id)
    def step_logic(self):
        print(f"🔥 [Agent {self.agent_id}] Ціль знищено, літак повертається.")

class LandingModule(SimulationModule):
    def __init__(self, agent_id):
        super().__init__("Посадка на палубу", duration=3, failure_chance=0.15, agent_id=agent_id)
    def step_logic(self):
        print(f"🛬 [Agent {self.agent_id}] Літак успішно сів на палубу.")

class FakeDatabase:
    def __init__(self):
        self.crew_data = {
            1: {"name": "Іванов І.І.", "rank": "Капітан"},
            2: {"name": "Петренко П.П.", "rank": "Лейтенант"},
            3: {"name": "Сидоренко С.С.", "rank": "Майор"},
        }
        self.aircraft_registry = {
            1: {"type": "F/A-18", "status": "Ready"},
            2: {"type": "F-35", "status": "Ready"},
            3: {"type": "Su-33", "status": "Ready"},
        }
    def get_crew_info(self, agent_id):
        return self.crew_data.get(agent_id, {"name": "Невідомо", "rank": "Невідомо"})
    def get_aircraft_info(self, agent_id):
        return self.aircraft_registry.get(agent_id, {"type": "Невідомо", "status": "Невідомо"})

class TrainingScenario:
    def __init__(self, agent_id, db):
        self.agent_id = agent_id
        self.db = db
    def run(self):
        crew = self.db.get_crew_info(self.agent_id)
        aircraft = self.db.get_aircraft_info(self.agent_id)
        print(f"\n НАВЧАЛЬНИЙ СЦЕНАРІЙ: {crew['name']} ({crew['rank']}) | Літак: {aircraft['type']}")

```

```

modules = [
    AircraftPreparationModule(self.agent_id),
    CombatMissionModule(self.agent_id),
    LandingModule(self.agent_id)
]

for module in modules:
    result = module.execute()
    if not result:
        print(f"Сценарій для екіпажу {self.agent_id} перервано.\n")
    return
print(f" Сценарій для екіпажу {self.agent_id} успішно завершено.\n")

class AircraftCarrierSimulation:
    def __init__(self, agent_ids):
        self.db = FakeDatabase()
        self.agent_ids = agent_ids
    def run_all_scenarios(self):
        print(" ЗАПУСК МОДЕЛЮЮЧОГО КОМПЛЕКСУ УПРАВЛІННЯ АВІАНІСУЧИМ КОРАБЛЕМ")
        print("=" * 60)
        for agent_id in self.agent_ids:
            scenario = TrainingScenario(agent_id, self.db)
            scenario.run()
        print(" ВСІ СЦЕНАРІЇ ЗАВЕРШЕНО")

if __name__ == "__main__":
    agent_ids = [1, 2, 3] # три екіпажі
    simulation = AircraftCarrierSimulation(agent_ids)
    simulation.run_all_scenarios()

import { useState } from "react";
import { Button } from "@components/ui/button";
import { Card, CardContent } from "@components/ui/card";
import { Progress } from "@components/ui/progress";
import { ScrollArea } from "@components/ui/scroll-area";

const agents = [
    { id: 1, name: "Іванов І.І.", rank: "Капітан", aircraft: "F/A-18" },
    { id: 2, name: "Петренко П.П.", rank: "Лейтенант", aircraft: "F-35" },
    { id: 3, name: "Сидоренко С.С.", rank: "Майор", aircraft: "Su-33" },
];

const steps = ["Підготовка", "Бойове завдання", "Посадка"];

```

```

export default function AircraftCarrierUI() {
  const [statuses, setStatuses] = useState(
    agents.map((agent) => ({ id: agent.id, step: 0, progress: 0, done: false })))
  );

  const runScenario = (id) => {
    const interval = setInterval(() => {
      setStatuses((prev) =>
        prev.map((s) => {
          if (s.id === id && !s.done) {
            let newProgress = s.progress + 10;
            let newStep = s.step;
            let newDone = s.done;

            if (newProgress >= 100) {
              newProgress = 0;
              newStep += 1;
              if (newStep >= steps.length) {
                newStep = steps.length - 1;
                newProgress = 100;
                newDone = true;
                clearInterval(interval);
              }
            }
            return { ...s, progress: newProgress, step: newStep, done: newDone };
          }
          return s;
        })
      );
    }, 400);
  };

  return (
    <div className="p-6">
      <h1 className="text-2xl font-bold mb-4">Моделюючий комплекс управління авіаносцем</h1>
      <ScrollArea className="h-[70vh]">
        <div className="grid gap-4">
          {agents.map((agent) => {
            const status = statuses.find((s) => s.id === agent.id);
            return (
              <Card key={agent.id} className="p-4">
                <CardContent>
                  <h2 className="text-xl font-semibold">{agent.name} ({agent.rank})</h2>

```

```

        <p className="text-sm text-muted-foreground">Літак: {agent.aircraft}</p>
        <div className="my-2">
          <p className="text-sm">Етап: {steps[status.step]}</p>
          <Progress value={status.progress} className="h-2 my-2" />
        </div>
        <Button
          disabled={status.done}
          onClick={() => runScenario(agent.id)}
        >
          {status.done ? "☑ Завершено" : "▶ Запустити сценарій"}
        </Button>
      </CardContent>
    </Card>
  );
  }}}
</div>
</ScrollArea>
</div>
);
}

```

ДОДАТОК В

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ 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 1560-9189
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 мережових 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.: ІП–РІ НАН України, 2015. – С. 77 – 79.