

О. В. Кобзар, М. В. Мусієнко

## ТОПОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИМИ СИЛАМИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

*У статті розглянуто проблематику створення операційної системи автоматизованої системи управління Військово-Морськими Силами Збройних Сил України щодо особливостей сценаріїв її навантаження відповідно до умов навколишньої обстановки.*

*Сучасні технічні рішення, які реалізують найпередовіші розробки науки та техніки стосовно побудови сучасних автоматизованих систем управління, за своїм змістом не охоплюють оцінювання здатності наявних операційних систем, як базового комплексу взаємопов'язаних програм, для повноцінного здійснення управління апаратною складовою системи управління, забезпечення керування обчислювальним процесом й організації її взаємодії з користувачами.*

*Операційна система в режимі реального часу автоматизованої системи управління Військово-Морських Сил України повинна мати гібридне ядро, що реалізовуватиме зв'язок між прикладними процесами та апаратним забезпеченням, базовий набір програм, бібліотеки системи та програми обслуговування.*

*Перевагами цієї конкретної архітектури повинні бути: підвищена надійність, покращена масштабованість, посилена відмовостійкість та інші.*

*Особливу увагу було акцентовано на архітектурі операційної системи реального часу, тобто типі операційної системи, основним призначенням якої є надання необхідного та достатнього набору функцій для проектування, розробки і функціонування систем реального часу на конкретному апаратному обладнанні, у нашому випадку в умовному центрі обробки даних та її підсистем (відповідного рівня) автоматизованої системи управління Військово-Морськими Силами Збройних Сил України.*

*У перспективі слід розглянути практичні заходи з формування оперативнотактичних вимог до операційної системи реального часу із подальшим прийняттям її на озброєння.*

**Ключові слова:** *автоматизована система управління; операційна система; електронно-обчислювальна техніка; персональний комп'ютер; реальний час; програмне забезпечення; Військово-Морські Сили Збройних Сил України.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** На сьогодні загальновизнаним є той факт, що основним шляхом суттєвого підвищення ефективності управління Збройними Силами (ЗС) України є створення та впровадження в дію Єдиної автоматизованої системи управління (ЄАСУ) ЗС України та автоматизованих систем управління (АСУ) її базових складових (підсистем). Саме такий напрямок був чітко обґрунтований в Державній програмі розвитку ЗС України і відповідній галузевій програмі. Понад те, відповідно до

© О. В. Кобзар, М. В. Мусієнко, 2021

чинного на даний час Стратегічного оборонного бюлетеня України [1], стратегічною метою є створення ефективної системи управління С4ISR (управління та контроль на базі зв'язку як сервісу та комп'ютерної обробки даних, а саме поточної інформації, даних спостереження та розвідки), а також єдиної інформаційної системи управління оборонними ресурсами.

Разом з тим створення окремих елементів ЄАСУ ЗС України здійснюється вже протягом більше двадцяти років. За цей час було виконано низку науково-дослідних (НДР) та дослідно-конструкторських (ДКР) робіт, зміст яких був безпосередньо спрямований на вирішення даного питання, проводилися обґрунтування і розробка Концепції та Комплексної програми створення ЄАСУ ЗС України, розроблялися відповідні програми для складових підсистем ЄАСУ ЗС України та здійснювалися інші заходи. Але результати практичного проведення робіт засвідчили їхню вкрай низьку наукову ефективність. Так, науково-дослідними установами ЗС України, установами Національної академії наук України та промисловими підприємствами виконувалося понад 100 НДР і понад 40 ДКР з тематики ЄАСУ ЗС України. На жаль, лише близько 20% зазначених робіт дійшли до стадії виготовлення дослідних зразків, дослідної експлуатації та державних випробувань, а близько 80% з них не знайшли свого впровадження, тому були призупинені ще на різних етапах виконання: ескізного та технічного проектування (40%), розробки конструкторської документації (40%) [2].

Більш того, якщо, згідно з повідомленнями у відкритих джерелах інформації, протягом останнього часу вже створені інформаційно-аналітичні системи управління організаційно-штатною структурою, моніторингу і планування оборонних ресурсів, моделювання перспективних військових формувань та організаційних заходів щодо реалізації директив, створення і розвитку озброєння та військової техніки, тобто частково реалізовано автоматизацію необхідних видів діяльності органів військового управління з підготовки до війни в мирний час, то відносно складових підсистем ЄАСУ ЗС України триває пошук та спостерігається невизначеність [2].

Узагалі над створенням АСУ військами вчені активно працювали ще за часів холодної війни як у США, так і в колишньому СРСР, зокрема, була створена АСУ “Маневр” тактичного рівня (дивізія-полк). У свою чергу, у США в 90-х роках минулого століття було вперше створено комп'ютеризовану версію АСУ “Бойові системи майбутнього” (Future Combat Systems – FCS), проте через її складність на озброєння вона прийнята не була. Під час бойових дій в Іраку США використовували менш складні АСУ, наприклад “Спільну бойову командну платформу” (Joint Battle Command Platform), орієнтовану на управління бронетехнікою та артилерією. Сьогодні Пентагон активно працює на випередження, створюючи чергові ефективніші версії АСУ [3].

Також відомо про успішні розробки та впровадження військових АСУ і в країні, що здійснює агресію проти України. Передусім ідеться про російську АСУ “Акація-М” (мала бути поставлена на озброєння ще до кінця 2019 року), а також єдину систему управління (ЄСУ) “Созвездие-М2” управління тактичною ланкою та ЄСУ “Андромеда-Д” управління оперативно-тактичною ланкою. Передбачається, що всі вони працюватимуть в онлайн-режимі для максимального зменшення часу обміну інформацією між центром управління та іншими ланками мережі (підрозділи, засоби розвідки, спостереження тощо). Початок оснащення ЗС РФ новими АСУ заплановано на 2025 рік. За деякими даними, програмно-

апаратний комплекс зазначених АСУ буде здатний працювати у разі масованих кібератак та навіть високих рівнів радіації [3].

Оскільки ЗС України мають потенційно застарілу базу створення АСУ, що особливо гостро відчувається в даний час, то оновлення системи управління та контролю (за специфікацією НАТО – С2) стало одним із пріоритетних завдань. Декілька років тому вже повідомлялося про застосування в тестовому режимі окремих інформаційних систем різного рівня, наприклад, “Дельта”, “Кропива”, “Віраж-планшет”, “ГІС Арта” та інших, але в практичній площині продовжує спостерігатися відома вада вітчизняної військової науки – відірваність від практики, що саме й підтверджується масовим використанням у військах цілої низки волонтерських розробок, які аж ніяк не відповідають рівню управління ЗС України в цілому. Разом з тим, починаючи з 2019 року, активізувалися роботи зі створення та взяття на озброєння ЗС України базових АСУ, зокрема управління військами “Дзвін-АС”, АСУ окремих видів ЗС України, у тому числі АСУ тактичної ланки Сухопутних військ ЗС України “Простір”, АСУ авіацією та протиповітряної оборони “Ореанда ПС”, які в основному, як повідомляється, наближені до вимог, стандартів і принципів системи С4ISR НАТО.

На погляд авторів, якщо відносно апаратної частини ЄАСУ ЗС України та складових її підсистем вже є досить виважена узгодженість наукових поглядів щодо їх створення та застосування, то стосовно базових комплексів та компонентів, які здійснюють керування електронно-обчислювальною технікою (ЕОТ) і забезпечують керування обчислювальним процесом, організовують взаємодію з користувачами, у нашому випадку з операційними системами (ОС), спостерігаємо певний вакуум, що змушує застосовувати тільки ті компоненти та програмне забезпечення (ПЗ), які пропонують виробники ЕОТ, здебільшого нав'язане постачальниками апаратної складової підсистем ЄАСУ ЗС України.

Тема цієї наукової статті перебуває в площині дослідження напрямків створення ОС реального часу (ОСРЧ) для потреб АСУ Військово-Морських Сил (ВМС) ЗС України щодо особливостей її майбутнього застосування в разі різноманітних сценаріїв навантаження.

Необхідність створення сучасної АСУ ВМС ЗС України з ОСРЧ, як підсистеми ЄАСУ ЗС України, викликана часом, обстановкою, яка склалася, та є, на наш погляд, одним із першочергових завдань. На превеликий жаль, роботи зі створення видової АСУ ВМС ЗС України на сьогодні перебувають у зародковому стані й фактично ще не розпочиналися, тому завданням її розробників має стати врахування усіх особливостей та передових технологій з метою її реального, ефективного та результативного застосування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** із зазначеної проблематики вказує на те, що на даний час є досить велика кількість матеріалів досліджень та публікацій стосовно розвитку ОС, АСУ та телекомунікаційних мереж загального користування. Безумовно, здебільшого вони стосуються цивільних сфер застосування, а не спеціального військового призначення, над якими активно працюють в США, Німеччині, Великій Британії, Італії, Франції, Японії та інших країнах, де їх розглядають як наукові об'єкти, що становлять національне надбання, втрата або руйнування яких матиме серйозні негативні наслідки для розвитку науки та суспільства.

Цілком доступними і базовими для вивчення можуть бути наукові матеріали закордонних вчених та дослідників: А. Портера “Основні принципи автоматичних систем

управління” [4], А. Шоу “Логічне проектування операційних систем” [5], Е. Таненбаума “Сучасні операційні системи” [6], Р. Дорфа та Р. Бішопа “Сучасні системи управління”, – які сформулювали основні методи аналізу і синтезу сучасних АСУ, ОС та показали, як з використанням принципу зворотного зв’язку можуть бути створені системи управління різноманітного призначення [7].

Проблематиці реформування системи управління, її автоматизації та побудові моделі ЄАСУ ЗС України присвятили свої дослідження, розробки та відкриті публікації вітчизняні науковці: С. Дружинін, О. Климович, О. Саєнко [8], П. Клімушин, В. Кротов [9], Ю. Кучеренко [10], О. Садиков, І. Васюков, Є. Прокопенко [11] тощо.

**Формулювання завдання дослідження.** Зважаючи на той факт, що перші комп’ютери взагалі не мали ОС і комплектувалися тільки набором інструментів для розробки, планування та виконання завдань, до цього часу спостерігається спонтанний і неузгоджений характер розробки і застосування ОС. Навіть у наш час спостерігаються явища, пов’язані передусім зі складністю та завищеними розмірами розроблених систем та, як наслідок, із проблемами їх масштабування, коли складні ОС не є оптимальними або ж взагалі вони не в змозі застосовуватися на менш потужних системах. Відповідно, простіші ОС також можуть бути не спроможні повністю використовувати всі можливості та потужності обчислювальних систем, на яких вони встановлюються і застосовуються.

ОС загального призначення не є детермінованими, тому їх сервіси можуть цілком допускати раптові затримки в своїй роботі, що може призвести до збільшення часу реакції програм на дії користувача в будь-який момент часу. У ході розроблення звичайних ОС науковці не акцентують своєї уваги на математичній складовій обчислення часу, який потрібно на виконання конкретного завдання або сервісу.

Вітчизняні споживачі, зокрема і користувачі АСУ ЗС України, звикли до відомих ОС Microsoft Windows (версій XP, Vista, 7, 8, 8.1, 10), Windows Server (2000, 2003, 2008, 2012), у більш технологічних апаратно-програмних комплексах і системах широко застосовуються ОС сімейства Apple (Mac OS X / OS X: версій від 10.0 до 10.7, Mountain Lion (10.8), Mavericks (10.9), Mac OS Server) або GNU/Linux, що сумісні з широким спектром комп’ютерів та архітектур. У мобільних пристроях успішно експлуатуються ОС корпорацій Google (Android, Fuchsia), Apple (iOS), Samsung (Tizen, Bada), Microsoft (Windows CE, різноманітні варіації Windows Mobile) тощо. Загалом станом на кінець 2020 року світове сімейство ОС різного типу та призначення нараховувало (зі щоденним зростанням) 613 одиниць, а дистрибутивів Linux – 667 [12].

На погляд авторів, архітектура ОС умовного центру обробки даних (ЦОД) сучасної АСУ ВМС ЗС України, розробка якої тільки почалася, повинна відповідати можливостям конкретного апаратно-програмного комплексу, бути повністю взаємоузгодженою до взаємодії за “дружнім інтерфейсом” (User Interface – UI) та забезпечувати необхідний рівень сервісу в певний проміжок часу, тобто повністю відповідати структурі та завданням, які здатна вирішити ОСРЧ.

**Виклад основного матеріалу.** Загальновідомо, що ОС – це базовий комплекс програм, що виконує керування апаратною складовою комп’ютера або віртуальної машини та обчислювальним процесом, організовує взаємодію з користувачем і складається з ядра і базового набору прикладних програм у складі ПЗ.

ОС розподіляються на системи загального та спеціального призначення, до яких, відповідно, належать:

- універсальні (для загального призначення);
- однозадачні (в окремий момент часу можуть виконувати лише одну задачу);
- багатозадачні (в окремий момент часу здатні виконувати більше однієї задачі);
- однокористувацькі (у системі відсутні механізми обмеження доступу до файлів та на використання ресурсів системи);

- багатокористувацькі (система забезпечує механізми обмеження на використання ресурсів системи (квоти));

- спеціальні (для розв'язання спеціальних задач) та спеціалізовані (виконуються на спеціальному обладнанні);

- реального часу (система підтримує механізми виконання завдань реального часу, тобто таких, для яких будь-які операції завжди виконуються в заздалегідь передбачуваний і незмінний час у разі наступних виконань).

У свою чергу, ОСРЧ (Real-time operating system – RTOS) – це тип спеціалізованої ОС, основним призначенням якої є надання необхідного та достатнього набору функцій для роботи систем реального часу та на конкретному апаратно-програмному комплексі. Під реальним часом в ОС розуміють її здатність забезпечити необхідний рівень сервісу в певний проміжок часу.

Основне завдання таких систем – це своєчасність (*англ.* – *timeliness*) виконання обробки даних. Основною вимогою до ОСРЧ є забезпечення передбачуваності або детермінованості поведінки системи в найгірших зовнішніх умовах, що різко і помітно відрізняється від вимог до продуктивності та швидкодії універсальних ОС. ОСРЧ також повинна мати та забезпечувати передбачувану поведінку за всіма сценаріями системного завантаження (виконання потоків з одночасними перериваннями).

ОСРЧ можливо розподілити на два типи: жорсткого та м'якого реального часу [13].

ОС, яка може забезпечити необхідний термін виконання завдання реального часу навіть у найгірших випадках, називається ОС жорсткого реального часу. Система, яка може забезпечити необхідний термін виконання завдання реального часу в середньому, – ОС м'якого реального часу.

Системи жорсткого реального часу повністю виключають затримки реакції системи, оскільки це може призвести до втрати актуальності результатів, великих фінансових збитків або навіть аварій і катастроф. Ситуація, у якій обробка подій відбувається за час, більший передбаченого, у системі жорсткого реального часу вважається фатальною помилкою. У разі виникнення такої ситуації ОС перериває операцію і блокує її, щоб максимально убезпечити надійність і готовність іншої частини системи. Прикладами ОС жорсткого реального часу можуть бути ОС в бортових системах управління космічних апаратів, АСУ військового призначення, авіалайнерів, океанських лайнерів, системах аварійного захисту ядерних реакторів, реєстраторах аварійних ситуацій та інших об'єктах.

У системі м'якого реального часу затримка реакції вважається відновлювальною помилкою, яка може призвести до збільшення вартості результатів і зниження продуктивності, але вона не є фатальною. Прикладом може слугувати робота обчислювальної системи, коли вона не встигла обробити черговий прийнятий пакет, що призводить до зупинки на стороні передачі та повторної відправки даних (залежно від

протоколу передачі даних). Тобто дані при цьому не втрачаються, але продуктивність системи в цілому знижується.

У більшості випадків ОСРЧ вважають лише систему, яка може бути використана для вирішення завдань у системі жорсткого реального часу, що свідчить про наявність в ОСРЧ необхідних інструментів та необхідність їх правильного застосування. Іноді для ОСРЧ також використовується поняття “інтерактивного реального часу”, у якому визначається мінімальний поріг реакції на події графічного інтерфейсу, протягом якого користувач (оператор) здатний спокійно очікувати реакції системи на видані ним вказівки.

У нашому випадку переваги спеціалізованих ОСРЧ над ОС загального призначення для їх застосування в ЦОД сучасної АСУ ВМС ЗС України цілком очевидні. Основні порівняльні характеристики ОСРЧ та ОС загального призначення наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики ОСРЧ та ОС загального призначення

Тип ОС Завдання ОС	ОС спеціального призначення	ОС загального призначення
Основне завдання	Моментальна реакція на обробку запитів та завдань	Розподілення ресурсів між завданнями та користувачами
Мета (орієнтація)	Обробка зовнішніх запитів	Обробка згідно з діями користувачів
Позиціонування	Створення реального апаратно-програмного середовища реального часу	Створення апаратно-програмного середовища для конкретного користувача
Призначення	Обробка інформації в режимі реального часу	Обробка інформації в заданому режимі на конкретному обладнанні

У своєму розвитку ОСРЧ розроблялися та будувалися на основі наступних архітектур, а саме монолітної, рівневої (шарової) та архітектури “клієнт-сервер”. За монолітною архітектурою ОСРЧ визначається як набір модулів, взаємодіючих між собою всередині ядра системи, які надають прикладному ПЗ вхідні інтерфейси для звернень до апаратури (CPU, RAM). Основний недолік цього принципу побудови ОС полягає в досить заниженій передбачуваності її поведінки, викликаній складною взаємодією модулів між собою. Структурну схему монолітної архітектури ОСРЧ показано на рис. 1.

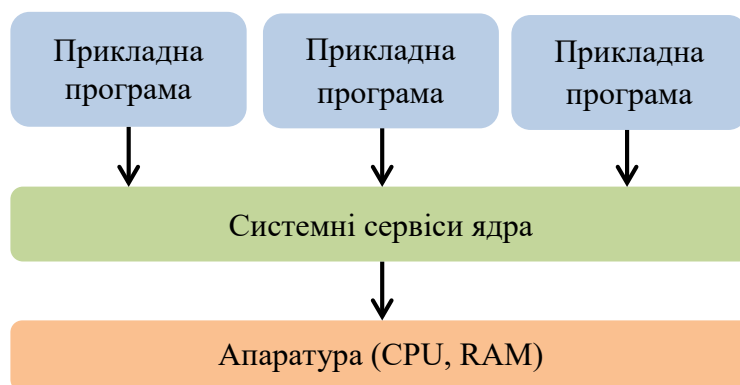


Рис. 1. Структурна схема монолітної архітектури ОСРЧ

Відповідно до рівневої (шарової) архітектури прикладне ПЗ має можливість отримати доступ до апаратури (CPU, RAM) не тільки через ядро системи та її сервіси, а й безпосередньо. У порівнянні з монолітною подібна архітектура забезпечує значно більший ступінь передбачуваності реакцій системи, а також дозволяє здійснювати швидкий доступ прикладних програм до апаратури (CPU, RAM). Головним недоліком таких систем є відсутність багатозадачності. Структурну схему рівневої (шарової) архітектури ОСРЧ показано на рис. 2.

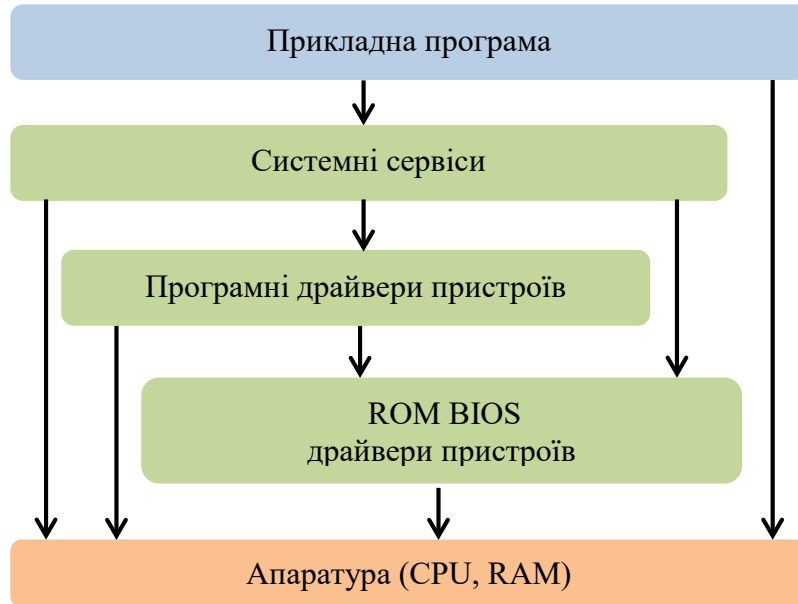


Рис. 2. Структурна схема рівневої (шарової) архітектури ОСРЧ

Згідно з підходами, передбаченими архітектурою “клієнт-сервер”, основний її принцип полягає у винесенні сервісів ОС у вигляді серверів на рівень користувача та виконанні мікроядром функцій диспетчера повідомлень між клієнтськими програмами користувача і серверами – системними сервісами.

Перевагами саме такої архітектури є: підвищена надійність (кожен сервіс є, по суті, самостійним процесом і його простіше налагодити та відстежити помилки), покращена масштабованість (непотрібні сервіси можуть бути виключені із системи без завдання суттєвої шкоди її працездатності), підвищена відмовостійкість тощо.

Структурну схему ОСРЧ архітектури “клієнт-сервер” показано на рис. 3.



Рис. 3. Структурна схема ОСРЧ згідно з архітектурою “клієнт-сервер”

В основі архітектури будь-якої багатопроцесорної обчислювальної системи лежить здатність до обміну даними між компонентами цієї ОС.

Комунікаційна система ОС є мережею, вузли якої пов'язані трактами передачі даних – каналами. За вузли можуть правити процесори, модулі пам'яті введення / виведення, комутатори або декілька перерахованих елементів, об'єднаних у групу.

Для завдання цифрової обробки сигналів функціональний макрооб'єкт повинен здійснювати структурну реалізацію базових операцій, наприклад, процедури швидкого перетворення Фур'є, процедури Уолша, косинусного перетворення. Розмірність базового перетворення визначається обчислювальним ресурсом макрооб'єкта.

Для вирішення завдань цифрової обробки сигналів доцільно використовувати не тільки елементарні процесори, здатні динамічно перелаштовуватися на виконання різних команд, а й проблемно-орієнтовані перетворювачі інформації з незмінною структурою, застосування яких дозволяє збільшити швидкість обробки інформації від 2 до 10 разів.

Якщо враховувати, що топологія міжмакрооб'єктних зв'язків може бути більш складною, аніж циліндрична, наприклад, гіперкуб, то тоді кількість можливих проблемно-орієнтованих архітектур, потенційно реалізованих у базовому модулі багатопроцесорної обчислювальної системи, багаторазово зростає [14].

Отже, топологія побудови функціонального макрооб'єкта сучасної АСУ ВМС ЗС України, на наш погляд, у своїй основі повинна передбачати ознаки чотиривимірного гіперкуба з можливістю вільного наближення до  $k$ -мірного  $n$ -куба або ж динамічної топології побудови відповідно до проблемно-орієнтованої архітектури “клієнт-сервер”, потенційно реалізованої в базовому модулі багатопроцесорної обчислювальної системи. Топологію зв'язків подібного умовного гіперкуба наведено на рис. 4.

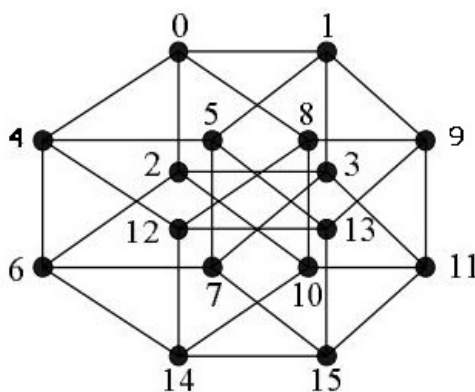


Рис. 4. Топологія зв'язків умовного гіперкуба

Слід зазначити, що для базового модуля, що містить 16 макрооб'єктів, топологія гіперкуба може бути також реалізована в тороїдальній структурі. У наведеній топології кожен макрооб'єкт пов'язаний із чотирма напрямками із сусідніми макрооб'єктами, номери яких записані в двійковому коді та відрізняються інверсією окремого біта.

Макрооб'єкт, який має номер  $\langle x_0, x_1, x_2, x_3 \rangle$ , пов'язаний з сусідніми об'єктами:

$$\left\{ \langle \overline{x_0}, x_1, x_2, x_3 \rangle, \langle x_0, \overline{x_1}, x_2, x_3 \rangle, \langle x_0, x_1, \overline{x_2}, x_3 \rangle, \langle x_0, x_1, x_2, \overline{x_3} \rangle \right\} \quad (1)$$

Отже, багатопроцесорна система буде адаптована до структури завдання і, з одного боку, буде забезпечувати високу швидкість обробки інформації за рахунок високої



питомої продуктивності та конвеєрної обробки даних, а з іншого – вона реалізує фон-нейманівський детермінізм обчислень і зможе бути основою для створення високопродуктивних обчислювальних систем [14].

Відповідно, ОСРЧ сучасної АСУ ВМС ЗС України повинна мати гібридне ядро, що реалізує зв'язок між прикладними процесами та апаратною частиною, завдяки базовому набору прикладних програм, системних бібліотек та програм обслуговування.

Ядро ОСРЧ також має забезпечити введення і виведення інформації (підсистема введення / виведення), управління оперативною пам'яттю (підсистема управління оперативною пам'яттю ядра ОС) та управління процесами (підсистема управління процесами ядра ОС).

Цілком можливим може бути застосування в ОСРЧ екзоядер, тобто такого типу ядер, які здатні розподілити всі апаратні ресурси, включаючи процесорний час, пам'ять та блоки зовнішньої пам'яті поміж всіма програмами.

Сучасні ОС, які широко застосовуються в серверах АСУ, зокрема й військового призначення, в основному є похідними від ОС сімейства UNIX. Вони, як правило, базуються на монолітних ядрах ОС із можливістю завантаження модулів. Ця група може включати ОС Linux та різноманітні варіанти POSIX-сумісних ОС сімейства UNIX, таких як: BSD, FreeBSD, DragonFly BSD, Open BSD і NetBSD.

До недавнього часу питання про вибір ОС для персональних комп'ютерів (ПК) взагалі не порушувалося, тому ПК на автоматизованих робочих місцях (АРМ) здебільшого спираються на ОС Windows корпорації Microsoft, що в окремих випадках може призводити до серйозних помилок та неузгодженості кодування даних у розподіленій системі "клієнт-сервер".

Так, у ході дослідження нами було чітко зафіксовано, що повідомлення, яке було сформовано в непов'язаних системах, а саме в ПК (ОС Linux Ubuntu 20.04), та передано на мобільний пристрій із ОС Android 10, було отримано в символах стандарту Юнікод і за своїм змістом аж ніяк не відповідало первинному повідомленню. Крім того, його подальша передача до ПК з ОС Windows 7x86-64 ще більше викривила оригінальне початкове повідомлення.

Приклад подібної неузгодженості в ході передачі інформації поміж технічними засобами з різними типами ОС зображено на рис. 5.



Рис. 5. Приклад змістовної неузгодженості в разі передачі інформації поміж технічними засобами з різними типами ОС

Із подібною проблемою змістовної неузгодженості на рівні “клієнта” (користувача), також можливо зіткнутися під час видачі інформації на технічні засоби об’єктивного контролю АРМ у реальних системах обробки інформації та АСУ (монітори, дисплеї, принтери, плотери та інші).

Приклад викривлення змісту первинного повідомлення (таблиці) в ході реальної передачі інформації з ПК (ОС Linux Ubuntu) до ПК (ОС Windows 10 Pro) на одному з реальних інформаційних об’єктів ВМС ЗС України наведено на рис. 6.

№ з/п	Тип документа та цифрове позначення	Назва (англ.)	Назва (укр.)
1	STANAG 1166:2013		Стандартна система позначення суден
			Процедури НАТО для звітування про морські сили, визначені об’єктами розвідки (реагування на випадки вторгнення або переслідування)
3	STANAG 7149:2015		Каталог повідомлень НАТО

№ з/п	Тип документа та цифрове позначення	Назва (англ.)	Назва (укр.)
1	HYPERLINK "https://infostore.saiglobal.com/en-gb/standards/STANAG-1166-2013-736439_SAIG_NATO_NAT"		Стандартна система позначення суден
2			Процедури НАТО для звітування про морські сили, визначені об’єктами розвідки (реагування на випадки вторгнення або переслідування)
3	HYPERLINK "https://infostore.saiglobal.com/en-gb/standards/STANAG-7149-2015-737801_SAIG_NATO_NAT"		Каталог повідомлень НАТО

Рис. 6. Приклад змістовної неузгодженості під час реальної передачі інформації від ПК (ОС Linux Ubuntu) до ПК (ОС Windows 10 Pro)

Щодо особливостей сценаріїв майбутнього навантаження АСУ ВМС ЗС України відповідно до умов навколишньої обстановки, зокрема в мирний та воєнний час, на наш погляд, сучасна АСУ ВМС ЗС України, окрім команд та планів, які будуть надходити на виконання з верхніх рівнів управління ЄАСУ ЗС України, повинна бути здатною до формування та передачі відповідних формалізованих донесень, а також бути лояльною до обрахунку потужних потоків даних, які надходитимуть в реальному часі до ЦОД із визначених секторів (*Sectors*) та шарів (*Layers*) умовних підсистем.

У даному аспекті цілком доречним буде застосування теорії та загальнодоступного апарату математичного моделювання, що реалізує багаторазове виконання однотипних завдань у системі масового обслуговування.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Виходячи з аналізу зазначених вище особливостей і дійсної та перспективної баз розвитку ОС для потреб сучасної АСУ ВМС ЗС України, можливо зробити такі висновки:

*по-перше*, для потреб АСУ ВМС ЗС України необхідне створення (проектування) спеціальної багатопроцесорної обчислювальної системи з ОСРЧ, яка у своїй основі повинна передбачати ознаки чотиривимірного гіперкуба з можливістю вільного наближення до  $k$ -мірного  $n$ -куба або ж динамічної топології побудови згідно з проблемно-орієнтованою архітектурою “клієнт-сервер”, яка буде здатна забезпечити гарантоване надання необхідного та достатнього набору функцій для взаємоузгодженої роботи на конкретній апаратно-програмній складовій;

*по-друге*, на вибір ОСРЧ для АСУ ВМС ЗС України, як підсистеми ЄАСУ ЗС України, прямий вплив має наявна (доступна) апаратна складова та ПЗ, адже незначна помилка в їх підборі або застосування тільки тих компонентів та програм, які пропонують виробники ЕОТ чи які нав’язані постачальниками апаратної складової підсистем ЄАСУ ЗС України, призведе до невиправданих витрат на розробку додаткового прикладного ПЗ, доопрацювання складових обчислювальної системи та проблем з її подальшим стикуванням з обчислювальними мережами;

*по-третьє*, ОСРЧ для АСУ ВМС ЗС України повинна мати гібридне ядро, що реалізує зв’язок між прикладними процесами та апаратним забезпеченням, базовий набір програм, бібліотеки системи та програми обслуговування.

І найголовніше, ОСРЧ виділених спеціалізованих комп’ютерів ЦОД для сервісного ПЗ (серверів), ПК АРМ та інших складових майбутньої АСУ ВМС ЗС України повинні бути одного типу, призначення та похідними від одного сімейства ОС, сумісними за архітектурою з апаратною складовою.

Розробникам і проєктантам АСУ ВМС ЗС України також необхідно чітко зрозуміти й усвідомити завдання, які покладаються для вирішення на її базові складові (підсистеми), та уникнути контексту, що охоплює дещо інше поняття, а саме “інформаційно-розрахункової системи” (ІРС), у складі якої немає складних алгоритмів обробки даних, а основним призначенням є виключно пошук і видача користувачеві інформації в зручному для нього вигляді.

Перспективним напрямком подальших наукових досліджень можуть стати практичні заходи з формування оперативного-тактичних вимог до ОСРЧ із подальшим прийняттям її на озброєння згідно зі встановленим порядком.

### **СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ**

1. Стратегічний оборонний бюлетень України, затв. Указом Президента України від 06.06.2016 № 240/2016. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/240/2016#n10> (дата звернення: 20.10.2020).
2. Український мілітарний портал. АСУ Збройних сил. URL: <https://mil.in.ua/uk/acy-zbroynih-sil> (дата звернення: 14.10.2020).
3. Автоматизація за наказом. URL: [https://defence-ua.com/weapon\\_and\\_tech/avtomatizatsija\\_za\\_nakazom-239.html](https://defence-ua.com/weapon_and_tech/avtomatizatsija_za_nakazom-239.html) (дата звернення: 14.01.2021).
4. Porter A. Basic Principles of Automatic Control Systems // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Vol. 159, Iss. 1. P. 25–45.
5. Шоу А. Логическое проектирование операционных систем. Москва : Мир, 1981. 360 с.
6. Таненбаум Э. С. Современные операционные системы. 2-е изд. Санкт-Петербург : Питер, 2005. 1038 с.

7. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления / Пер. с англ. Б. И. Копилова. Москва : Лаборатория Базовых Знаний, 2002. 832 с.
8. Дружинін С. В., Климович О. К., Сасенко О. Г. Сучасний стан автоматизації управління військами в Збройних Силах України // Системи озброєння і військова техніка. 2010. № 1 (21). С. 60–62.
9. Клімушин П. С., Кротов В. Д. Автоматизована система управління Збройних Сил України як сучасний різновид стратегічного озброєння // Теорія та практика державного управління. 2014. № 1 (44). С. 16–23.
10. Кучеренко Ю. Ф. Концептуальні положення щодо створення автоматизованої системи управління оперативним командуванням // Системи озброєння і військова техніка. 2014. № 2 (38). С. 149–152.
11. Садиков О., Васюков І., Прокопенко Є. Підходи і перспективи розвитку засобів зв'язку та автоматизації Збройних Сил України // Зб. наук. праць Нац. академії Держ. прикордон. служби України. Серія “Військові та технічні науки”. 2016. № 4 (70). С. 252–263.
12. Operating System List. URL: [https://www.operating-system.org/betriebssystem/\\_english/os-liste.htm](https://www.operating-system.org/betriebssystem/_english/os-liste.htm) (last accessed: 17.11.2020).
13. Бурдонов И. Б., Косачев А. С., Пономаренко В. Н. Операционные системы реального времени // Программирование : Журнал РАН. Москва : Институт системного программирования РАН им. В. П. Иванникова, 2006. С. 98.
14. Левін І. І., Коновальчик П. М., Іванов А. І., Малеванчук А. Д. Багатопроекторна система, адаптована під інформаційну структуру задач різноманітних класів // Искусственный интеллект. 2004. № 3. С. 140–148.

Стаття надійшла до редакції 15.06.2021.

## REFERENCES

1. *Stratehichnyi oboronnyi biuletен Ukrainy, zatv. Ukazom Prezydenta Ukrainy vid 06.06.2016 № 240/2016. [Strategic Defense Bulletin of Ukraine, approved. By the Decree of the President of Ukraine dated 06.06.2016 № 240/2016].* (2016, June 06). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/240/2016#n10> [in Ukrainian].
2. *Ukrainskyi military portal. ASU Zbroinykh syl [Ukrainian military portal. ACS of the Armed Forces].* (n.d.). Retrieved from <https://mil.in.ua/uk/asu-zbroinykh-syl> [in Ukrainian].
3. *Avtomatyzatsiia za nakazom [Automation by order].* (n.d.). Retrieved from [https://defence-ua.com/weapon\\_and\\_tech/avtomatizatsija\\_za\\_nakazom-239.html](https://defence-ua.com/weapon_and_tech/avtomatizatsija_za_nakazom-239.html) [in Ukrainian].
4. Porter, A. (n.d.). Basic Principles of Automatic Control Systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Vol. 159, Iss. 1, 25–45.*
5. Shou, A. (1981). *Logicheskoe proektirovanie operatsionnykh sistem [Logical design of operating systems].* Moscow [in Russian].
6. Tanenbaum, E. S. (2005). *Sovremennye operatsionnye sistemy [Modern operating system].* 2<sup>nd</sup> ed. Saint Petersburg [in Russian].
7. Dorf, R., & Bishop, R. (2002). *Sovremennye sistemy upravleniia [Modern control systems].* (Trans. from English. B. I. Kopilova). Moscow [in Russian].

8. Druzhynin, S. V., Klymovych, O. K., & Saienko, O. H. (2010). Suchasnyi stan avtomatyzatsii upravlinnia viiskamy v Zbroinykh Sylakh Ukrainy [The current state of military command automation in the Armed Forces of Ukraine]. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika [Weapons systems and military equipment]*, 1 (21), 60–62 [in Ukrainian].
9. Klimushyn, P. S., & Krotov, V. D. (2014). Avtomatyzovana systema upravlinnia Zbroinykh Syl Ukrainy yak suchasnyi riznovyd stratehichnoho ozbroiennia [Automated control system of the Armed Forces of Ukraine as a modern type of strategic weapons]. *Teoriia ta praktyka derzhavnoho upravlinnia [Theory and practice of public administration]*, 1 (44), 16–23 [in Ukrainian].
10. Kucherenko, Yu. F. (2014). Kontseptualni polozhennia shchodo stvorennia avtomatyzovanoi systemy upravlinnia operatyvnym komanduvanniam [Conceptual provisions for the creation of an automated control system of operational command]. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika [Weapons systems and military equipment]*, 2 (38), 149–152 [in Ukrainian].
11. Sadykov, O., Vasiukov, I., & Prokopenko, Ye. (2016). Pidkhody i perspektyvy rozvytku zasobiv zv'iazku ta avtomatyzatsii Zbroinykh Syl Ukrainy [Approaches and prospects for the development of communication and automation of the Armed Forces of Ukraine]. *Zb. nauk. prats Nats. akademii Derzh. prykordon. sluzhby Ukrainy. Seriiia "Viiskovi ta tekhnichni nauky" [Collection of scientific works of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine. Military and Technical Sciences Series]*, 4 (70), 252–263 [in Ukrainian].
12. *Operating System List.* (n.d.). Retrieved from [https://www.operating-system.org/betriebssystem/\\_english/os-liste.htm](https://www.operating-system.org/betriebssystem/_english/os-liste.htm)
13. Burdonov, I. B., Kosachev, A. S., & Ponomarenko, V. N. (2006). Operatsionnye sistemy real'nogo vremeni [Real-time operating systems]. *Programmirovaniie : Zhurnal RAN [Programming: Journal of the Russian Academy of Sciences.]*, 98. Moscow [in Russian].
14. Levin, I. I., Konovalchuk, P. M., Ivanov, A. I., & Malevanchuk, A. D. (2004). Bahatoprotsesorna systema, adaptovana pid informatsiinu strukturu zadach riznomanitnykh klasiv [Multiprocessor system adapted to the information structure of tasks of various classes]. *Iskusstvennyi intellekt [Artificial intelligence]*, 3, 140–148 [in Ukrainian].

**A. V. Kobzar, M. V. Musienko**

## **TOPOLOGY OF CONSTRUCTING REAL TIME OPERATING SYSTEM ACS OF THE UKRAINIAN NAVY**

*This paper considers the problem creation of an operating system automated control system for the Naval Forces of the Armed Forces of Ukraine from the point of view of the peculiarities of scenarios of its load in accordance with the real situation.*

*The authors focused on the fact that modern technical solutions that implement the most advanced developments in science and technology regarding the construction of modern automated control systems, in their content, do not cover the assessment of the ability of existing operating systems as a basic complex of interconnected programs for full-fledged control of the hardware component of the control system, ensuring control of the computing process and organizing its full-fledged interaction with users.*

*Special attention was focused on the architecture of the real-time operating system, the main purpose of which is to provide the necessary and sufficient set of functions for the design,*

*development and operation of real-time systems on specific hardware in our case, in a conditional data processing center (of the corresponding level) of the automated control system of the Naval Forces of the Armed Forces of Ukraine.*

*The real-time operating system of the automated control system (ACS) of the Naval Forces of Ukraine must have a hybrid core that implements the connection between application processes and hardware, a basic set of applications, system libraries and maintenance programs.*

*The advantages of this particular architecture are: increased reliability (each service is essentially an independent process that is easier to debug and track errors that occur), improved scalability (unnecessary services can be excluded from the system without material damage to its performance), increased fault tolerance and others.*

*In this aspect, when the ACS data processing center will operate with a sufficiently large flow of service requests, it is quite appropriate to use the apparatus of the Queuing system theory.*

**Keywords:** *automated control system; operating system; electronic computer; personal computer; real time; software; Ukrainian Navy.*