

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВЗАЄМОДІЇ ПІД ЧАС ЗАСТОСУВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИН ТА ПІДРОЗДІЛІВ ПОВІТРЯНИХ СИЛ, СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК, ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ, ДЕСАНТНО-ШТУРМОВИХ ВІЙСЬК ТА ІНШИХ ВІЙСЬКОВИХ ФОРМУВАНЬ

УДК 355.424.4

Резнік Дмитро Вікторович (кандидат військових наук)

<https://orcid.org/0000-0003-3980-923X>

Шкурат Богдан Жоржович

<https://orcid.org/0000-0002-3654-0506>

Мельниченко Василь Семенович (кандидат військових наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0002-0598-9765>

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ РОЗШИРЕННЯ ДІАГРАМИ ГАНТА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПІДРОЗДІЛІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

Одним з проблемних питань управління силами та засобами протиповітряної оборони в ході бойових дій є організація взаємодії між різнорідними силами та засобами, які залучені до виконання спільних завдань, зокрема між наземними та повітряними вогневыми засобами протиповітряної оборони. У статті запропоновано основні положення планування взаємодії підрозділів протиповітряної оборони з використанням розширення діаграми Ганта у тривимірному просторі. Показано, що перехід до об'ємної моделі є розвитком існуючої системи планування згідно із законами розвитку систем. Запропоноване розширення діаграми Ганта є першим наближенням, і в подальшому, вимагає уточнення, доповнення та удосконалення математичного апарату. Модель, яка ґрунтується на основних положеннях розширеної у тривимірному просторі діаграми Ганта може бути застосована в спеціальному програмному забезпеченні або системах прийняття рішення при плануванні та веденні бойових дій.

Ключові слова: протиповітряна оборона, система ППО, таблиця взаємодії, діаграма Ганта, теорія розкладів, спеціальне програмне забезпечення.

Вступ

Аналіз процесів управління силами та засобами протиповітряної оборони (ППО) в ході широкомасштабної агресії російської федерації не тільки довів високу ефективність самої системи ППО в ході боротьби із широкого спектру засобів повітряного нападу противника, але підкреслив ряд проблемних питань, які потребують вирішення. Одним з таких питань є організація чіткої взаємодії між різнорідними силами та засобами протиповітряної оборони, зокрема між наземними засобами ППО (зенітні ракетні війська, підрозділи ППО Сухопутних військ та інших підрозділів і складових Сил оборони) та повітряними засобами, як залученими до ППО (винищувальна авіація), так і іншими (інші роди авіації, безпілотні літальні апарати тощо). Такий стан справ обумовлений рядом факторів, які потребують врахування під час організації управління.

По-перше, в ході бойових дій застосовується велика номенклатура типів авіації, до якої також можна віднести безпілотні літальні апарати. Всі ці

дружні об'єкти хоч і не залучені безпосередньо до виконання завдань ППО, але можуть знаходитись в повітряному просторі під час ведення силами ППО бойових дій.

По-друге, вхід до складу Сил оборони підрозділів різного підпорядкування, здатних виконувати завдання ППО та знищувати повітряні об'єкти, їх оснащення різнотипними засобами зв'язку та програмного забезпечення може призвести до неузгодженості їх дій та випадків знищення своїх літальних апаратів.

По-третє, розширення номенклатури озброєння та засобів ураження, зокрема за рахунок введення в експлуатацію техніки власного виробництва, допомоги партнерів, трофейного озброєння, ускладнює роботу командира під час управління підлеглими засобами.

Існуючі спеціальні програмні продукти та автоматизовані системи управління (АСУ) не в повній мірі враховують вказані вище фактори, а також сучасні тенденції управління військами (силами), під час планування та ведення бойових

дій.

Таким чином, актуальним питанням залишається потреба в удосконаленні процесів управління підлеглими силами та засобами ППО, зокрема організації взаємодії під час планування бойових дій

Отже, метою статті є опис можливостей застосування існуючих та перспективних підходів, а саме розширення діаграми Ганта, для автоматизованого визначення сил, засобів та строків здійснення заходів із взаємодії під час спільного виконання завдань зенітними ракетними військами та винищувальною авіацією.

Матеріали та методи

Одним з процесів організації взаємодії підрозділів є створення планової таблиці взаємодії, яка комплексно враховує наявні сили та засоби, райони бойових дій, час (етап) ведення бойових дій.

На даний час проблемним питанням є складний процес формування таблиці взаємодії, який здійснюється в оперативних підрозділах штабів майже “вручну” і потребує достатньо тривалого часу на оформлення. Крім того, існує певна проблема і в застосуванні вказаної таблиці під час ведення бойових дій, яка полягає в постійній потребі корегувати її зміст у зв’язку з невідповідністю поточної обстановки тій, що була прогнозована під час планування бойових дій.

Для вирішення цих проблем пропонується впровадження методики формування планової таблиці взаємодії військ (сил) під час ведення операції (бойових дій) в програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень командувачем (командиром), яке засновано на застосуванні теорії розкладів[1], зокрема діаграми Ганта та її розширення для тривимірного простору.

Результати

В сучасному світі, для планування заходів і проектів використовується двовимірна система планування, яка називається діаграмою Ганта (рис.1). Перший формат діаграми був розроблений Генрі Л. Гантом в 1910 році. По суті, діаграма Ганта складається зі смуг, орієнтованих уздовж осі часу.

Кожна смуга на діаграмі представляє окреме завдання в проекті (вид роботи), її кінці є моменти початку і завершення роботи, її протяжність – тривалість роботи. Вертикально всією діаграмою служить перелік завдань. Крім того, на діаграмі можуть бути відзначені сукупні завдання, відсотки завершення, показники послідовності і залежності робіт, мітки ключових моментів (“віхи”) та мітка поточного моменту часу. Як видно з рисунку, подібний підхід часто застосовується при плануванні як службової діяльності, так і бойових дій у військах.

Ключовим поняттям діаграми Ганта є “віха” – мітка значимого моменту в ході виконання робіт, спільний кордон двох або більше завдань[2]. Віхи дозволяють наочно відобразити необхідність синхронізації, послідовності у виконанні різних робіт, тобто є ключовими моментами взаємодії[3]. Зрушення віхи призводить до зрушення всього проекту. Однак віхи, як і інші кордону на діаграмі Ганта, не є календарними датами. Тому діаграма Ганта не є, строго кажучи, графіком взаємодії суб’єктів, і це один з основних її недоліків. Крім того, діаграма Ганта не враховує значущості або ресурсомності завдань, що виконуються а також їх сутності (області дії). Як показала практика, для великих проектів, діаграма Ганта стає надмірно великою і втрачає будь-яку наочність. Крім того, використовуючи діаграму Ганта, важко показати розподіл завдань по суб’єктам проекту (по співробітниках або відділам), форма діаграми не дає інформації про проект в цілому, що ускладнює прийняття управлінських рішень керівництвом. Також, за формою діаграми Ганта неможливо класифікувати проекти і робити експрес-оцінку проходження проекту в цілому, діаграма дозволяє проводити вибірку лише по обмеженому числу критеріїв.

Зазначені вище недоліки істотно обмежують сферу застосування діаграми Ганта. Однак, у даний час діаграма Ганта є стандартом де-факто в теорії і практиці управління проектами, зокрема для відображення структури переліку завдань, що виконуються згідно з проектом.

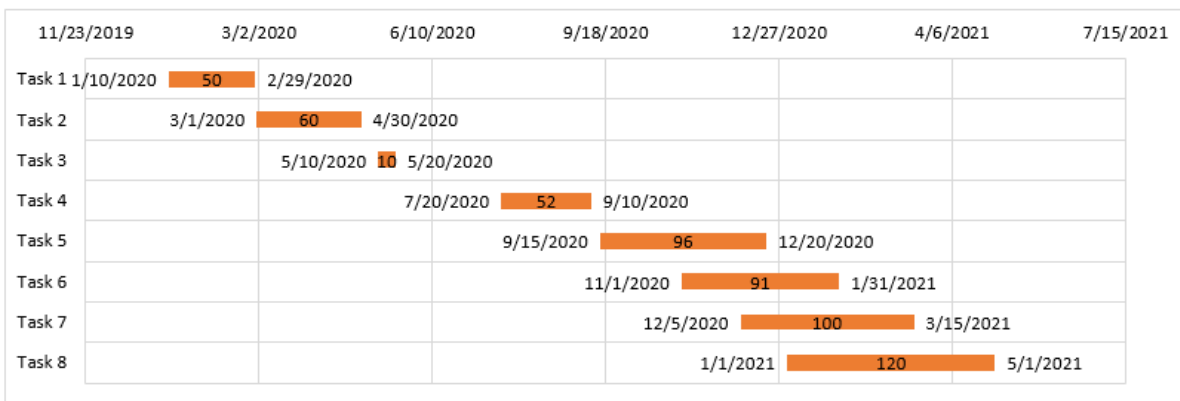


Рисунок 1. Діаграма Ганта (приклад)

Також варто відзначити, що в епоху розвитку інформаційних технологій діаграма Ганта, що не

заснала істотних змін за свою більш ніж сторічну історію, продовжує залишатися досить архаїчною структурою яка слабо піддається автоматизації. Так, найбільш відома в світі версія програми створення діаграми Ганта – Microsoft Project (або MSP) яка розроблена і продається корпорацією Microsoft, створює розклад критичного шляху, що може відповідати процесу бойових дій. В основі алгоритмів програми лежить визначення найбільш тривалої послідовності завдань від початку проекту до його закінчення з урахуванням їх взаємозв'язку. Завдання, що лежать на критичному шляху (критичні завдання), мають нульовий резерв часу виконання, і, в разі зміни їх тривалості, змінюють терміни всього проекту. У зв'язку з цим, при виконанні проекту критичні завдання вимагають більш ретельного контролю, зокрема, своєчасного виявлення проблем та ризиків, що впливають на терміни їх виконання і, отже, на терміни виконання проекту в цілому. Тривалість бойових дій на практиці рідко відповідає запланованій і може значно змінюватися, а при зміні тривалості виконання окремих завдань деякі з них можуть виявитися на критичному шляху. Також до діаграми важко застосувати підходи математичного моделювання та скористатися наявними можливостями сучасної комп'ютерної графіки для візуалізації побудованої моделі, що могло б дати додаткові можливості під час прийняття управлінських рішень.

Отже, постає питання – чи можливо змінити модель планування процесів, якщо діаграма Ганта виявилася настільки вдалою, що не заснала істотних змін за вікову історію? Відповідно до теорії еволюції технічних систем [4] можливо здійснити перехід від ліній (послідовність виконання завдань у часі) до плоскої системи координат (діаграма Ганта), а від плоскої моделі логічно перейти до об'ємної. Отже об'ємна модель планування процесів – цілком закономірний логічний перехід, і є відображенням законів розвитку систем [5]. Тобто, для здійснення наступного кроку розвитку потрібно не удосконалювати двомірну модель, а переходити до тривимірного моделювання. Застосування такого моделювання було складно реалізовано до появи комп'ютерної техніки, проте сьогодні, з використанням сучасних засобів візуалізації, подібна система може надати істотну перевагу при розробці проектів, про що вже згадувалося вище. Крім того, подібна являє собою полісистему, що складається з безлічі площин (бісистем). Тому, при створенні комп'ютерної програми на основі даної моделі, безсумнівно буде потрібно передбачити можливість відокремлювати різні бісистеми (площини) і моносистеми (лінії), що несуть різне функціональне навантаження. Для випадку планування бойових дій, зокрема ППО, на площині можна відобразити послідовність виконання бойових завдань окремим вогнеvim засобом або підрозділом (наземним або повітряним).

В цьому випадку, з'являється можливість експрес-аналізу полісистеми (об'ємної моделі) в

цілому і детального аналізу ходу виконання завдань на площинах (по підрозділах) і навіть відрізках (за окремими завданнями). Теж можна говорити про введення вихідних даних: дані можуть вводитися в таблиці, що представляють собою не що інше, як площини (бісистеми) і відрізки (моносистеми), а потім комп'ютерна програма будує полісистему – об'ємну модель.

В основу об'ємної моделі планування взаємодії покладаються типові бойові завдання, які виконуються вогневими засобами ППО. Виконання вказаних завдань за планом мають початкову точку і кінцеву точку, стадії розгортання, безпосередньо виконання та закінчення, тобто розвитку, при цьому може поступово залучатись все більше вогневих одиниць (підрозділів), а у міру наближення до поставлених цілей, кількість виконавців, які брали участь в ньому, знижується. Якщо ж розглядати зміну завдань, то картина повториться - на початку завдань виконавців буде мало, потім, у міру розвитку проекту, їх кількість зросте і, в міру наближення до завершення виконання завдання, знову зменшиться. Таким чином, розвиток проекту підпорядковується закону розгортання-згорання систем, причому, як по виконавцям, так і по обсягу виконуваних завдань. Слід зауважити, що в діаграмі Ганта, які представляють собою бісистему з координатами завдання-час, наочно представлений лише процес розгортання-згорання бойових дій по виконуваних завданнях, а аналіз проекту щодо взаємодії підрозділів сильно ускладнений.

Якщо уявити процес розгортання і згорання проекту у вигляді об'ємної моделі, ми отримаємо не що інше, як об'ємне розширення діаграми Ганта, в основі якого буде площина “завдання-час”, а шарами, які будуть утворювати висоту – вогневі одиниці (підрозділи) наземних та повітряних засобів ППО.

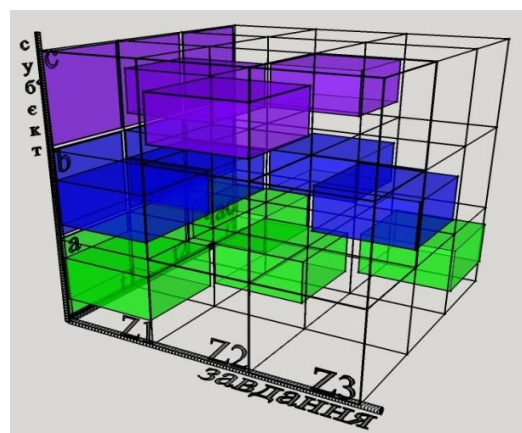


Рисунок 2. Модель виконання завдань ППО в ході бойових дій у вигляді об'ємного розширення діаграми Ганта

Однак в такому вигляді модель, хоч і наочна, але представляє складності щодо її опису та подальшого аналізу, тому доцільно її перетворити в дещо інший вигляд.

За своїм призначенням об'ємне розширення діаграми Ганта доцільно використовувати для планування в органах управління вищого рівня, що підтверджує відповідність обраної моделі законам розвитку систем, а саме закону переходу в надсистему (модель не скасовує існуючий інструмент планування, а включає його до свого складу в якості підсистеми).

Аналізуючи об'ємне розширення діаграми Ганта, можна виділити три функціональних площини (таблиці) (рис. 3).

По підрозділам											
ВА			зрдн СД			озрдн МД					
t3	2,3		t3		1,2	2,3	t3		1	2	
t2		1	t2			1,2	t2	1			
t1	2,1	3	t1	3,2			t1		1		
Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3

По завданням											
Z1			Z2			Z3					
МД		1	МД	1		1	МД			2	
СД	3,2		СД			1,2	СД		1,2	2,3	
ВА	2,1		ВА	3	1		ВА				
t1	t2	t3	t1	t2	t3	t1	t2	t3	t1	t2	t3

По часу виконання											
t1			t2			t3					
МД		1	МД	1		МД		1	2		
СД	3,2		СД			1,2	СД		1	2,3	
ВА	2,1	3	ВА		1		ВА	2,3			
Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3

Рисунок 3. Перетворення об'ємного розширення діаграми Ганта у двовимірну площину (традиційну діаграму Ганта)

Перша площина, по суті, являє собою традиційну діаграму Ганта. Аналізуючи цю площину, можна отримати картину розгортання - згоргання завдань за часом, обчислювати параметри виконання критичних завдань, розглядати варіанти розпаралелювання їх виконання у часі, тобто в цій площині доступні стандартні операції, прийняті в програмі Microsoft Project.

Друга площина являє собою площину виконання бойових завдань ППО по вогневим засобам (підрозділам), задіяним у їх виконанні. Аналіз цієї площини дозволяє отримати картину зміни в часі необхідної придатності або завантаженості підрозділів ППО, що беруть участь в бойових діях. Таким чином, якщо районів виконання завдань ППО (районів бойових дій) декілька, то можна побудувати не одне об'ємне розширення діаграми Ганта, а їх систему і шляхом взаємного розташування моделей домогтися того, щоб бойове навантаження кожного підрозділу було збалансоване.

Третя площина показує залежність виконуваних завдань від спроможностей вогневого засобу (підрозділу) ППО. Аналізуючи цю площину, можна встановити максимальну складність завдань і необхідні для їх виконання спроможності підрозділу. Фактично, площина являє собою таблицю, що дозволяє встановити, який підрозділ використовується для вирішення яких завдань і чи можна гарантувати, що спроможності підрозділу достатні для виконання.

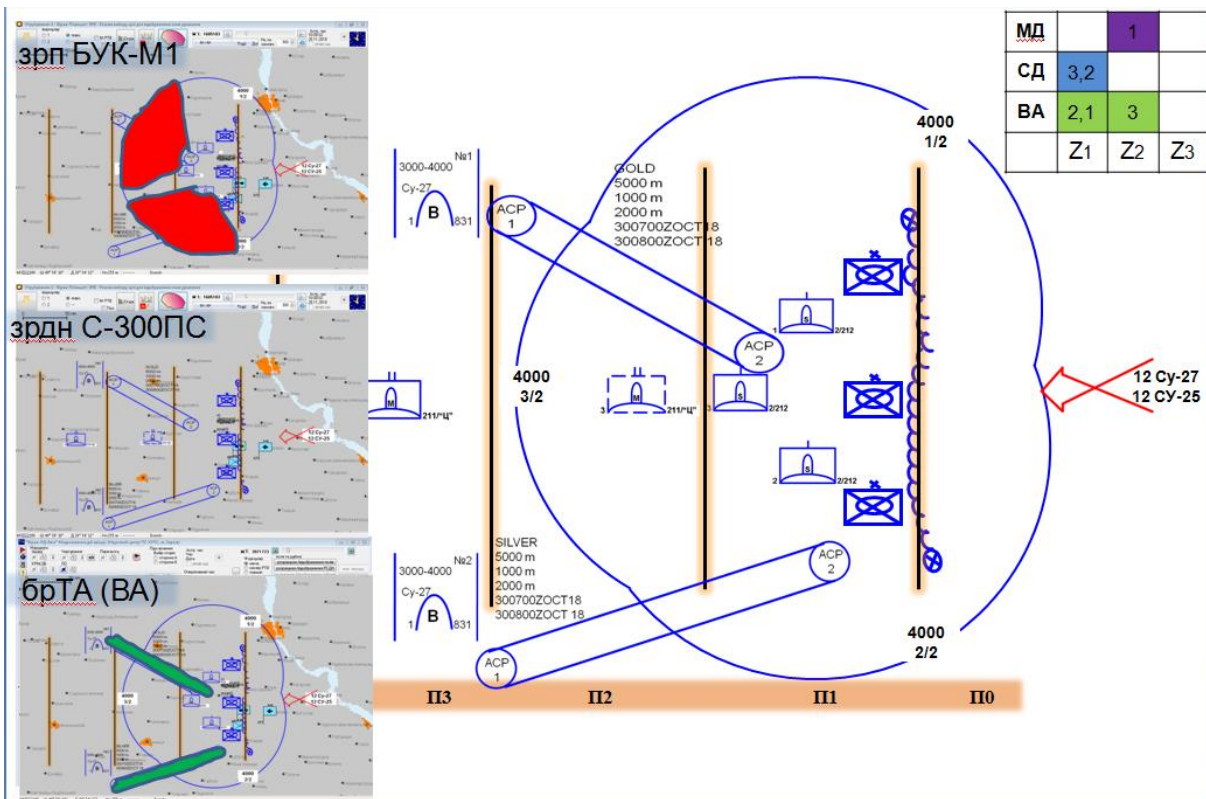


Рисунок 4. Визначення способу взаємодії підрозділів ППО з аналізу площини об'ємного розширення діаграми Ганта (варіант)

Аналізуючи зріз по цій площині, можна накопичити достатню статистику як для виконання типових бойових завдань, так і для коригування статутів та керівництва з бойової роботи. Крім того, оскільки даний зріз можна проводити в певні проміжки часу, тобто, призначити на шкалі часу контрольні точки, то можна отримати інформацію про зміну в часі компетенції та кваліфікації особового складу та складності завдань, який він здатний виконати, а також виключити неефективне застосування підрозділів в рішеннях наступних завдань. Додатково, можна визначити перелік заходів, необхідних підрозділу (посадовим особам) для набуття відповідних спроможностей (компетенцій). Приклад визначення способу взаємодії підрозділів протиповітряної оборони на основі аналізу однієї з площин об'ємного розширення діаграми Ганта наведено на рисунку 4.

У даній моделі, крім площин (бісисем), найважливішими поняттями є моносистеми – вектори (осі, або напрямки виміру об'ємного розширення діаграми Ганта), головні з яких - це вектор вогневих засобів (підрозділів) та вектор завдань. Обидва ці вектори проходять паралельно осі часу, належать відповідним площинам і показують початок і кінець виконання завдання, а також початок і кінець зайнятості підрозділу у виконанні тих чи інших завдань. Поняття "вектор завдань" відповідає лінії завдань в діаграмі Ганта.

По довжині вектору підрозділів легко судити про їх завантаження та необхідну кількість (і типи) в певні періоди часу. При необхідності можна зробити зрізи по підрозділах в певні моменти часу і розглянути площину, на якій векторі підрозділів будуть представлені у вигляді точкової або лінійної діаграми, зручної для аналізу в даний момент часу.

При необхідності за допомогою програмних засобів можна побудувати та візуалізувати площини, що показують кореляцію підрозділів та виконуваних ними завдань, яка буде прив'язана до часу. Таким чином, можна отримати картину як миттєвої кореляції бойових завдань і підрозділів, так і подивитися змінюваності бойових дій в часі. З точки зору законів розвитку систем, подібна кореляція - не що інше, як відображення закону синхронізації складових системи, яка показує, в якому місці системи або в який час потрібне втручання з метою коригування ходу виконання завдань.

Представляється можливим також будувати системи, що складаються з декількох об'ємних розширень діаграми Ганта. У подібну полісистему об'ємне розширення діаграми Ганта входить в якості однієї з підсистем. У цьому випадку кожне об'ємне розширення діаграми Ганта описує один район бойових дій (або виконання бойового завдання вищого рівня), при цьому для ведення бойових дій з протиповітряної оборони вектори підрозділів і вектори завдань можуть належати кільком об'ємним розширенням діаграми Ганта.

Обговорення

Аналізу можуть піддаватися не тільки вектори, площини і поверхні, але і зовнішній вигляд об'ємного розширення діаграми Ганта. В статті представлено ідеалізовану модель, яка зображена у вигляді "правильного паралелепіпеда" без викривлень форми. На практиці, об'ємне розширення діаграми Ганта може приймати найрізноманітніші форми (найпоширеніші паралелограм, піраміда), мати "опуклості", "увігнутості" та інші викривлення. За зовнішнім виглядом отриманого тривимірного тіла також можна прогнозувати окремі процеси в ході виконання завдань, але для того, щоб робити подібні висновки, потрібно накопичити статистику в побудові подібних моделей, а потім, класифікувати найбільш типові випадки. Така робота може бути проведена в майбутньому.

Для подальшого застосування вказаної моделі необхідна подальша формалізація процесу формування тривимірної таблиці взаємодії.

Подібні моделі можна застосовувати не тільки під час планування взаємодії підрозділів ППО, але також інших підрозділів, які виконують спільні завдання. Крім того, аналогічний підхід можна застосувати для окремого вогневого засобу (підрозділу), аналізуючи при цьому різні складові спроможностей цього засобу (підрозділу).

Висновки

Таким чином, в статті викладений один з можливих підходів до планування взаємодії підрозділів наземних та вогневих засобів ППО, заснований на використанні об'ємних моделей діаграми Ганта. Показано, що перехід до об'ємної моделі планової таблиці взаємодії підрозділів згідно із законами розвитку систем є одним зі шляхів подальшого розвитку існуючого порядку планування бойових дій. Запропоноване об'ємне розширення діаграми Ганта є першим наближенням, і в подальшому, вимагає уточнення, доповнення та удосконалення математичного апарату. Подібна модель може бути затребувана у вигляді якісного програмного забезпечення.

Список використаних джерел

1. R.W. Conway, W.L. Maxwell, L.W. Miller, "Theory of scheduling", Addison-Wesley, 1967, 294 p.
2. Інформаційні системи і технології в управлінні проектами. Частина 1. Планування проектів в MS Project: навчальний посібник. – К.: Університет економіки та права "КРОК", 2011. – 167 с.
3. Посібник для початківців про діаграму віх// TechUkraine.net. Веб-сайт. URL: <https://techukraine.net/posibnik-dlya-pochatkivciv-pro-digram/> (Дата звернення 05.12.2022).
4. Huges Thomas P. The Evolution of Large Technological Systems, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1987, 55 p.
5. De Carvalho, Marco & Back, Nelson. Triz Methodology and its Use in Systematic Engineering Design. URL: https://www.researchgate.net/publication/304167241_triz_methodology_and_its_use_in_systematic_engienginee_design/ (Дата звернення 05.12.2022).

USING OF GANTT CHART EXTENSION FOR MODELING THE INTERACTION OF AIR DEFENSE UNITS

Dmytro Rieznik (Candidate of Military Sciences)

<https://orcid.org/0000-0003-3980-923X>

Bohdan Shkurat

<https://orcid.org/0000-0002-3654-0506>

Vasyl Melnychenko (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

<https://orcid.org/0000-0002-0598-9765>

The National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine

One of the problematic issues of managing air defense units during hostilities is the interaction organization between the different subordination units that are involved in the performance of joint tasks, particularly between ground and air fire units. The article proposes the main provisions for planning the interaction of air defense units using the extension of the Gantt chart in three-dimensional space. It is shown that the transition to a three-dimensional model is a development of the existing planning approach according to the laws of system development. The proposed extension of the Gantt chart is a first approximation of issue solving, and in the future, it requires clarification, addition and improvement of the mathematical apparatus. The model, which is based on the main provisions of the extended Gantt chart in three-dimensional space, can be used in special software or decision-making systems for combat missions planning and conducting.

Keywords: *air defense, air defense system, synchronization table, Gantt chart, scheduling theory, special software.*

References

1. R.W. Conway, W.L. Maxwell, L.W. Miller, "Theory of scheduling", Addison-Wesley, 1967, 294 p.
2. Informatsiini systemy i tekhnolohii v upravlinni proektamy. Chastyna 1. Planuvannia proektiv v MS Project: navchalnyi posibnyk. – K.: Universytet ekonomiky ta prava "KROK", 2011. – 167 p.
3. Posibnyk dlia pochatkivtsiv pro diahramu vikh// TechUkraine.net.Veb-sait. URL: <https://techukraine.net/posibnyk-dlia-pochatkivtsiv-pro-diahram/>.
4. Huges Thomas P. The Evolution of Large Technological Systems, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1987, 55 p.
5. De Carvalho, Marco & Back, Nelson. Triz Methodology and its Use in Systematic Engineering Design. URL: https://www.researchgate.net/publication/304167241_triz_methodology_and_its_use_in_systematic_engienginee_design.