

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ, ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ВЕЧІРНЬОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**«Програмне забезпечення для задачі оптимального
планування вогню артилерійського підрозділу»**

**Завідувач
випускаючої кафедри**

Довбиш А.С.

Керівник роботи

Петров С.О.

Студента групи ІІмз – 92с

Марченко А.В.

СУМИ 2021

Сумський державний університет

Факультет ЦЗДФН Кафедра Комп'ютерних наук
Спеціальність «Інформатика»

Затверджую:
зав. кафедрою комп'ютерних наук
Довбиш А.С.
“ ___ ” _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТОВІ

Марченко Анні Вікторівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Програмне забезпечення для задачі оптимального планування вогню артилерійського підрозділу

затверджую наказом по інституту від “ ___ ” _____ 2020 р. № _____

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 20.01.2021 р.

3. Вхідні данні до проекту (роботи) технічне завдання від Міністерства освіти і науки України згідно договору від 14.11.2017 № ДЗ/7-2017Г

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) 1) Аналіз проблеми. Постановка задачі дослідження 2) Розроблення математичної моделі та алгоритмів вирішення задачі дослідження. 3) Розробка інформаційного та програмного забезпечення для задачі оптимального планування вогню артилерійського підрозділу

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти до проекту (роботи), із значенням розділів проекту, що стосується їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз проблеми. Постановка задачі дослідження		
2.	Розроблення математичної моделі та алгоритмів вирішення задачі дослідження		
3.	Розробка інформаційного забезпечення для задачі оптимального планування вогню артилерійського підрозділу		
4.	Розробка програмного забезпечення для задачі оптимального планування вогню артилерійського підрозділу		
5.	Оформлення пояснювальної записки до дипломної роботи		

Студент – дипломник

_____ (підпис)

Керівник проекту

_____ (підпис)

РЕФЕРАТ

Записка: 119 стор., 105 рис., 10 табл., 8 додатків, 24 джерела.

Об'єкт дослідження – процеси, які відбуваються при плануванні вогню артилерійським дивізіоном.

Мета роботи – розробка математичних моделей та програмних алгоритмів для: планування вогню та розподілу завдань між підрозділами; розрахунку ефективності виконання окремого вогневого завдання; розрахунку витрат боєприпасів і кількості залучених підрозділів, визначення положення цілей у дозволеній зоні.

Метод дослідження – моделювання процесів ураження об'єктів противника вогнем артилерійських підрозділів.

Результати дослідження. Створено моделі планування вогню та розподілу завдань між підрозділами; розрахунку ефективності виконання окремого вогневого завдання; розрахунку витрат боєприпасів і кількості залучених підрозділів, визначення положення цілей у дозволеній зоні.

Проведено синтез трьох структур баз даних для накопичування та забезпечення доступу до інформації про артилерійські системи та розрахункові задачі.

На основі створених моделей розроблені програмні алгоритми для: планування вогню та розподілу завдань між підрозділами; розрахунку ефективності виконання окремого вогневого завдання; розрахунку витрат боєприпасів і кількості залучених підрозділів, визначення положення цілей у дозволеній зоні

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, СИСТЕМА БАЗ ДАНИХ,
АРТИЛЕРІЙСЬКИЙ ПІДРОЗДІЛ, ВОГНЕВЕ УРАЖЕННЯ,
ПЛАНУВАННЯ ВОГНЮ, АРТИЛЕРІЙСЬКИЙ ДИВІЗІОН,
АРТИЛЕРІЙСЬКА БАТАРЕЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	8
1.1 ЗАДАЧА ПЛАНУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ПІДРОЗДІЛУ.....	8
1.2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	9
1.3 МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ.....	12
1.4 ВИСНОВКИ ЗА РОЗДЛОМ 1.....	12
2 МОДЕЛЬ ТА АЛГОРИТМИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ПІДРОЗДІЛУ	13
2.1 МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ДЛЯ ЗАДАНИХ УМОВ ПЛАНУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ДИВІЗІОНУ.....	13
2.1.1 Побудова матриці ефективності	13
2.1.2 Побудова системи обмежень.....	16
2.1.3. Вибір критеріїв. Побудова цільових функцій	18
2.1.4. Математична формалізація завдання	21
2.1.5. Визначення узагальненої цільової функції.....	22
2.2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАБЛИЖЕНИХ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ	26
2.2.1 Метод вектору спаду. Основні положення	27
2.2.2 Опис алгоритму вектору спаду	29
2.3 АЛГОРИТМИ ПРОГРАМИ	30
2.4 ВИСНОВКИ ЗА РОЗДЛОМ 2	42
3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ.....	43
3.1 СИСТЕМА БАЗ ДАНИХ.....	43
3.1.1 Призначення баз даних	43
3.1.2 Ініціалізація оточення бази даних	43
3.1.3 Опис проектування структури	44

3.1.4 Обмеження даних	50
3.1.5 Процедури, що зберігаються.....	50
3.2 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ПІДРОЗДІЛУ.	51
3.2.1. Технічні засоби, які використовуються	51
3.2.2 Встановлення (інсталяція) програми.....	52
3.2.3. Запуск програмного забезпечення.....	57
3.2.4 Вхідні дані для вирішення задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону	58
3.2.5 Вихідні дані для вирішення задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону	59
3.3 ОПИС КОРИСТУВАЦЬКОГО ІНТЕРФЕЙСУ.....	60
3.3.1 Опис інтерфейсу головної форми програми.....	60
3.3.2 Опис користувачького інтерфейсу форми для вирішення задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону та визначення положення цілі в зоні, дозволеній для стрільби.....	60
3.4 ПОВІДОМЛЕННЯ	84
3.5 РЕКОМЕНДОВАНИЙ ПОРЯДОК ДІЙ ПРИ РОБОТІ З ПРОГРАМНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ	84
3.5.1 Порядок дій	84
3.5.2 Робота з результатами розрахунків	87
3.6 ЗАВЕРШЕННЯ РОБОТИ ПРОГРАМИ	88
3.7 ВИСНОВКИ ЗА РОЗДЛОМ 3	88
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	91
ДОДАТОК А БЛОК-СХЕМА ПІДПРОГРАМИ ВЕКТОРА СПАДУ	94
ДОДАТОК Б ОПИС ЗЕРЕЖЕНИХ ПРОЦЕДУР БАЗИ ДАНИХ BDPLAN	96
ДОДАТОК В ОПИС ЗЕРЕЖЕНИХ ПРОЦЕДУР БАЗИ ДАНИХ BDPLANRES.....	99

ДОДАТОК Г ПОВІДОМЛЕННЯ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО ДЛЯ ЗАДАНИХ УМОВ ПЛАНУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ДИВІЗІОНУ	107
ДОДАТОК Д АКТ ПРО ВИГОТОВЛЕННЯ ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКА	110
ДОДАТОК Е АКТ ВИПРОБОВУВАНЬ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	111
ДОДАТОК Ж АКТ ПРО ВВЕДЕННЯ В ДОСЛІДНУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	115
ДОДАТОК З СВІДОЦТВО ПРО РЕЄСТРАЦІЮ АВТОРСЬКОГО ПРАВА НА ТВІР.....	117

ВСТУП

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 вересня 2017 р. № 669-р “Про затвердження переліку найважливіших науково-технічних (експериментальних) розробок за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки в рамках виконання державного замовлення на найважливіші науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію у 2017—2018 роках” [1] затверджено тему державного замовлення з розроблення програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника (Договір від 14.11.2017 № ДЗ/7-2017 з Міністерством освіти і науки України). Однією з задач, вирішення якої має бути автоматизоване при розробленні програмно-розрахункового комплексу, є задача оптимального планування вогню. Вирішення даної задачі дозволяє розподілити артилерійські підрозділи для ураження об’єктів противника оптимальним чином.

Ця задача повинна вирішуватися в умовах заданої сукупності цілей та відомими типами підрозділів і їх кількість, які можуть бути залучені до ураження. Результатом роботи даної підсистеми є оптимізована пропозиція до плану закріплення підрозділів за об’єктами ураження таким чином, щоб забезпечити максимум обраного критерію ефективності (максимальний збиток) при обмеженій кількості підрозділів, з мінімальною витратою снарядів та максимальним рівнем показника ефективності.

Система, що розробляється призначена для використання в дивізіоні, бригадно-артилерійській групі, артбригаді, а також у ВНЗ, центрах бойової підготовки або на полігонах з підготовки артилеристів. Актуальність мети дослідження обґрунтовується сучасною напруженою ситуацією на східних кордонах України.

Наукова новизна полягає у тому, що вперше побудовано математичні моделі для: планування вогню та розподілу завдань між підрозділами; розрахунку

ефективності виконання окремого вогневого завдання; розрахунку витрат боеприпасів і кількості залучених підрозділів, визначення положення цілей у дозволеній зоні. На основі створених моделей розроблено програмні алгоритми планування вогню та розподілу завдань між підрозділами; розрахунку ефективності виконання окремого вогневого завдання; розрахунку витрат боеприпасів і кількості залучених підрозділів, визначення положення цілей у дозволеній зоні.

Результати, отримані в ході виконання проекту, забезпечать зміцнення національної безпеки та обороноздатності України за рахунок підвищення бойового потенціалу вогневих підрозділів ракетних військ та артилерії Збройних Сил України.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Якість вирішення вогневих завдань артилерійським дивізіоном визначається їхньою ефективністю, тобто результативністю, надійністю, економічністю та своєчасністю.

Оскільки мета дослідження доволі специфічна, не вдалось знайти аналогічні програмні продукти, що реалізують потрібний функціонал. Отже розроблюване програмне забезпечення є унікальним для вітчизняного простору. В цьому першому розділі представлений детальний аналіз задачі планування вогню артилерійського підрозділу та визначення функціональних вимог до програмного забезпечення для поставленої задачі.

1.1 Задача планування вогню артилерійського підрозділу.

Завдання розподілу артилерійських підрозділів для ураження об'єктів противника дозволене за умов, якщо задана сукупність об'єктів ураження та відомі підрозділи (батареї) і їх кількість, що можуть бути залучені до ураження об'єктів [2-7]. Для кожного з об'єктів відомі характеристики, необхідні для розрахунку ефективності його ураження. До них відносяться: розміри (фронт, глибина), координати центру об'єкта, час знаходження на позиції, заданий рівень показника ефективності ураження і т.д. інформація про підрозділи дивізіону повинна містити координати вогневих позицій батарей та їх кількість, тип і могутність боеприпасів, а також кількість боеприпасів відпущену на період бою т.д. [8, 9]

Вирішення завдання полягає в такому закріпленні підрозділів за об'єктами поразок, щоб забезпечити екстремум обраного критерію. Якщо визначено за-

вдання поразки об'єкта, тобто заданий необхідний рівень показника ефективності, то при обмеженій кількості підрозділів найбільш доцільним є вибір в якості критерію кількості об'єктів, які увійшли в розподіл з рівнем показника ефективності не менше заданого.

Застосування програмного забезпечення для задачі має наступні обмеження при виконанні розрахунків:

1. Заряди (балістичні варіанти) вибираються тільки ті, які вказані в Таблицях стрільби відповідних систем.
2. Максимальні дальності стрільби на кожному заряді для кожної артилерійської системи відповідають таким самим з Таблиць стрільби.
3. Траєкторія польоту снаряда навісна.
4. Осколково-фугасні снаряди з підривноком на ударну дію і осколково-фугасні снаряди з дистанційним підривноком.
5. Цілі обмежені переліком, який міститься у відповідній таблиці БД.
6. Обмеження за часом стрільби: не більше 15 хв.
7. Максимальна кількість батарей одного калібру дорівнює 3.
8. Максимальна кількість батарей змішаних калібрів дорівнює 5
9. Максимальна кількість реактивних батарей дорівнює 2.
10. Обмеження за часом стрільби: для цілей з груп «Ракетні комплекси», «Польова артилерія самохідна і бускована» не менше 3 хв, але не більше 5 хв; решта цілей – не менше 8 хв, але не більше 15 хв.
11. По одній цілі може проводитися не більше двох вогневих нальотів.

1.2 Постановка задачі.

Мета роботи: розроблення програмно-розрахункової системи планування вогневого ураження противника артилерійськими підрозділами

Для досягнення мети дослідження визначені такі задачі:

- розроблення математичних моделей та програмних алгоритмів для чотирьох підсистем системи
- розроблення, налаштування та тестування окремих програмних модулів системи, програми та методики її випробувань
- розроблення комплексу документації на систему
- проведення випробувань системи

Об'єкт дослідження: процеси, які відбуваються при плануванні вогню артилерійським дивізіоном та моделі програмних модулів у програмно-розрахунковій системі планування вогневого ураження противника артилерійським дивізіоном

Метод дослідження:

- моделювання процесів ураження об'єктів противника, аналіз окремих моделей та процеси їх взаємодії у системі планування вогневого ураження артилерійським підрозділом;
- синтез структури баз даних.

Програмне забезпечення повинне виконувати наступні функції:

- формування оптимального плану вогню та розподілу вогневих завдань між артилерійськими підрозділами з урахуванням важливості цілей, ефективності стрільби, задач ураження, порядку виконання вогневих завдань, витрати боєприпасів (осколково-фугасних, об'ємного вибуху, запальних та дистанційного мінування);
- введення та відображення інформації щодо положення вогневих підрозділів та об'єктів, які прийнято до включення в план вогневого ураження;
- відображення результатів розрахунків та вибору плану вогневого ураження;
- введення та відображення інформації щодо зон, заборонених для стрільби;
- розрахунок показника ефективності ураження цілі, що досягається;

- розв’язання задачі визначення розрахункового боєприпасу;
- розв’язання задачі визначення положення цілі в зоні, що заборонена для стрільби;
- зберігання результатів виготовлених планів вогневого ураження;
- зберігання інформації щодо зон, заборонених для стрільби;
- зберігання інформації про стан підрозділів та положення об’єктів, які прийнято до включення в план вогневого ураження;

Структуру системи наведено в специфікації (таблиця 1.1) нижче.

Таблиця 1.1 – Специфікація програмно-розрахункової системи

№ з/п	Найменування
1	База даних для зберігання константної інформації
2	База даних для зберігання інформації про стан підрозділів та положення об’єктів, які прийнято до включення в плану вогневого ураження
3	База даних для зберігання результатів виготовлених планів вогневого ураження
4	База даних для зберігання інформації щодо зон заборонених для стрільби
5	Програмний інтерфейсний модуль для введення та відображення інформації щодо положення вогневих підрозділів та об’єктів, які прийнято до включення в плану вогневого ураження
6	Програмний модуль для організації взаємодії програми з базами даних
7	Програмний інтерфейсний модуль для відображення результатів розрахунків та вибору плану вогневого ураження
8	Програмний інтерфейсний модуль для введення та відображення інформації, щодо зон, заборонених для стрільби
9	Програмний модуль розрахунку показника ефективності ураження цілі, що досягається
10	Програмний модуль формування матриці ефективності
11	Програмний модуль розв’язання оптимізаційної задачі
12	Програмний модуль розв’язання задачі визначення розрахункового боєприпасу
13	Програмний модуль розв’язання задачі визначення положення цілі в зоні, що заборонена для стрільби

1.3 Методи вирішення поставленої задачі

При створенні програмного забезпечення у процесі дослідження було використано метод моделювання процесів ураження об'єктів противника вогнем артилерійських підрозділів.

Для вирішення задачі планування використано метод багатокритеріальної оптимізації, який реалізовано програмно з використанням методу чисельного рішення задачі багатовимірної оптимізації - методу Вектору спаду.

Вирішення задачі визначення належності точки дозволеній зоні ґрунтується на методі смуг [18-23] (в пояснювальній записці не приводиться опис моделювання розв'язку задачі та її реалізація).

Також були використані методи теорії оцінки ефективності стрільби та методи теорії стрільби на управління вогнем наземної артилерії.

При програмуванні було використано метод об'єктно-орієнтовного програмування.

Програма написана на мові програмування C ++ Builder з використанням пакета boost 19. Boost Libraries for Embarcadero Developer Tools 19.0 Maintenance.

Для цього використовувалися:

- 1) Інтегроване середовище розробки Embarcadero® C++Builder 10.2;
- 2) Пакет Boost Libraries for Embarcadero Developer Tools 19.0 Maintenance.

1.4 Висновки за розділом 1

В першому розділі представлені результати аналізу предметної області. Проаналізована задача планування вогню артилерійського підрозділу. Визначені мета та задачі дослідження, обрані методи вирішення поставленої задачі.

2 МОДЕЛЬ ТА АЛГОРИТМИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ПІДРОЗДІЛУ

Модель призначена для оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону. Оптимальне планування вогню артилерійського дивізіону полягає в розподіленні цілей між підрозділами дивізіону з урахуванням ефективності ураження об'єкта із залученням мінімальної кількості батарей дивізіону

2.1 Модель оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону.

2.1.1 Побудова матриці ефективності

При вирішенні задачі приймемо такі обмеження і допущення [6]:

1. Під елементарним (неподільним) підрозділом будемо розуміти артилерійську батарею для якої задано кількість гармат, типи боєприпасів і їх кількість.
2. Під підрозділом, призначеним для ураження об'єкта будемо розуміти комбінацію батарей. У граничному випадку ця комбінація може складатися з однієї батареї.
3. Співвідношення між числом підрозділів і числом батарей може бути будь-яким.
4. В одному періоді ураження батареї розподіляються одночасно для нанесення ударів по всім заданих об'єктах.

Введемо наступні позначення:

m – число підрозділів;

n – число об'єктів;

M_{ij} – величина показника ефективності при нанесенні удару i -м ($i = 1, 2, \dots, m$) по підрозділах j -му ($j = 1, 2, \dots, n$) об'єкту;

M_{0j} – необхідна величина показника ефективності по j -му ($j = 1, 2, \dots, n$) об'єкту.

Для кожного i -го підрозділу, який може бути призначений для ураження j -го об'єкту, повинна виконуватись нерівність

$$M_{ij} \geq M_{0j}. \quad (2.1)$$

Нехай для кожного об'єкта відомо, які підрозділи можуть завдати поразки і для яких з них виконується умова (2.1). Отже, j -й об'єкт може отримати поразку від одного з цих підрозділів. Заздалегідь неможливо сказати для яких об'єктів буде залучатися який підрозділ.

Для вирішення поставленого завдання необхідно розрахувати значення M_{ij} й занести його в таблицю, що називається матрицею ефективності (табл. 2.1). Її рядки відповідають підрозділам, а стовпці – об'єктам поразки. Елементами цієї матриці є значення показників ефективності ($M_{ij} \geq M_{0j}$), що досягаються при нанесенні удару підрозділами i -1 рядка по j -му об'єкту. Прочерки вказують на неможливість нанесення ураження тим чи іншим підрозділом по даному об'єкту (внаслідок невиконання умови (2.1), через обмеження за дальністю стрільби і т.д.).

При розрахунку значень M_{ij} показника ефективності необхідно враховувати тривалість вогневих нальотів і режим вогню підрозділів. Тоді розподіл підрозділів можна зробити таким чином, щоб кожний з них вкладався в обмеження за тривалістю періоду вогневого нальоту.

Таблиця 2.1 – Матриця ефективності

Підрозділ	об'єкт					
	1	2	...	j	...	n
1	M_{11}	—		M_{1j}		—
2	—	M_{22}		—		M_{2n}
⋮						
i	—	—		M_{ij}		M_{in}
⋮						
m	M_{m1}	—		M_{mj}		M_{mn}

При формуванні матриці ефективності (табл. 2.1) необхідно використовувати такі, викладені нижче, міркування.

Якщо об'єкт не може бути вражений однією батареєю, то за умовами бойового застосування артилерії до його поразки залучається декілька батарей. Однак, буде не доцільно, якщо до поразки якогось об'єкта будуть залучатися всі наявні батареї (або значна їх кількість). Отже, кількість батарей, які залучаються до поразки одного об'єкта має обмежуватися деякими розумним значенням B_{\max} (наприклад, $B_{\max} = 5$).

Виходячи зі зручності управління комбінованими підрозділами, останні повинні формуватися з батарей, що належать не більше ніж Ad_{\max} артилерійським системам. Хоча, з точки зору математичної постановки задачі

$$Ad_{\max} \leq B_{\max}, \quad (2.2)$$

однак, слід обмежуватися значенням $Ad_{\max} = 5$.

Таким чином, при формуванні переліку підрозділів слід встановлювати таке обмеження: комбіновані вогневі підрозділи повинні складатися з не більше ніж B_{\max} батарей; батареї залучаються з не більше ніж Ad_{\max} артилерійських систем.

Виходячи з вищезазначеного, формувати список вогневих підрозділів необхідно наступним чином.

До списку необхідно занести всі різні (неповторювані) поєднання з r ($r = 1, 2, \dots, B_{\max}$) елементів множини, що містить K елементів (де K – кількість всіх батарей). Потім, із списку необхідно видалити всі поєднання, в яких батареї належать більшому ніж Ad_{\max} кількості артилерійським системам.

Кожному елементу матриці, що задовольняє умову (2.1), ставиться у відповідність змінна величина θ_{ij} , яка може приймати значення 0 або 1. Якщо i -й підрозділ призначається для ураження j -го об'єкта, $\theta_{ij} = 1$. В іншому випадку $\theta_{ij} = 0$. Математично це можна записати наступним чином:

$$\theta_{ij} \in \{0;1\} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n). \quad (2.3)$$

2.1.2 Побудова системи обмежень

Змінні θ_{ij} повинні задовольняти деякі умови-обмеження.

Послідовно розглянемо кожен з них.

1. Для ураження кожного об'єкта може плануватися тільки один підрозділ.

Це обмеження записується у вигляді лінійної нерівності:

$$\sum_{i=1}^m \theta_{ij} \leq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (2.4)$$

Число умов виду (2.4) повинно дорівнювати кількості об'єктів n .

2. Кожний артилерійський підрозділ може виконувати завдання за допомогою різних боєприпасів, яких може бути P типів ($P=2$). У кожній з батарей зна-

ходиться заздалегідь задана (обмежена) кількість боєприпасів p -го типу. Одночасно з розрахунком значень, що досягають показників ефективності M_{ij} вибирається тип боєприпасу за допомогою якого проводиться ураження об'єкта і обчислюється витрата даного типу боєприпасу.

Якщо відпущена для батареї кількість боєприпасів даного типу менша витрати за нормами режиму вогню за час ведення стрільби, то необхідно виконати вимоги щодо відповідності витрачених і відпущених боєприпасів. Кожна батарея не може витратити боєприпасів певного типу більше, ніж має в наявності. Це обмеження можна записати в вигляді наступної лінійної нерівності:

$$\sum_{i \in I_{kl}} S_{pik} \sum_{j=1}^n \theta_{ij} \leq S_{pk} \quad (k = 1, 2, \dots, K; p = 1, 2, \dots, P), \quad (2.5)$$

де S_{pik} – кількість боєприпасів p -го типу, k -й батареї, що входить в i -й підрозділ;

S_{pk} – загальна кількість боєприпасів p -го типу у k -й батареї;

K – кількість батарей.

Число нерівностей типу (2.5) повинно дорівнювати має дорівнювати добутку кількості батарей K на число типів боєприпасів P , тобто $K \times P$.

3. У кожному із завдань для вогневого ураження противника, яке обмежене за часом виконання, кожна батарея може бути залучена до виконання не більше ніж одного вогневого завдання. Дане обмеження записується у вигляді лінійного нерівності:

$$\sum_{i \in I_{kl}} \sum_{j=1}^n \theta_{ij} \leq 1 \quad (k = 1, 2, \dots, K). \quad (2.6)$$

Кількість нерівностей (2.6) повинна дорівнювати числу батарей.

Будь-яка сукупність значень змінної θ_{ij} , для якої виконуються умови (2.3)-

(2.6), відповідає допустимому варіанту розподілу або просто є допустимою. Із всієї множини таких допустимих сукупностей необхідно знайти ту, яка б відповідала раціональному варіанту розподілу. Для вирішення поставленого завдання необхідно вибирати відповідні критерії і побудувати відповідні їм цільові функції.

2.1.3. Вибір критеріїв. Побудова цільових функцій

Кожний об'єкт противника має кількісну вагу – бойовий потенціал (коефіцієнт важливості) A_j .

З другого боку, для всіх об'єктів можна вказати їх якісні переваги з точки зору черговості їх ураження. Пояснюється це тим, що командир безперервно стежить за оперативно-тактичною обстановкою, переробляє потік інформації, що надходить до нього, і основуючись на цьому, прогнозує розвиток подій. На основі аналізу ситуації, що виникла на полі бою, співвідношення сил і засобів воюючих сторін й інших чинників командир робить висновок про вплив тих чи інших об'єктів супротивника на хід виконання поставленого перед військами завдання. Отже, він може вказати черговість ураження об'єктів, тобто віддати якісну перевагу всій сукупності об'єктів.

Нехай вказано якісну перевагу заданих об'єктів супротивника по їх важливості, тобто вся сукупність об'єктів впорядкована оператором по групам ($l=1,2,\dots,L$), які відповідають важливості кожного з них. Це означає, що при розподілі підрозділів слід виконати таку умову: об'єкти $(l+1)$ -ї групи важливості можуть потрапити в розподіл тоді і тільки тоді, коли вичерпані можливості підрозділів по ураженню важливішої l -ї ($l=1,2,\dots,L-1$) групи. Отже, перш за все потрібно уражати об'єкти першої групи.

Оскільки, всередині l -ї групи об'єкти все ж не рівноцінні, у кожного свій бойовий потенціал A_j , то при розподілі підрозділів необхідно, щоб відбувалося максимальне зниження бойового потенціалу противника (сукупність об'єктів, прийнятих до поразки, мала максимальний бойовий потенціал).

Якщо після закріплення максимально можливої кількості об'єктів l -ї групи залишаться незадіяні підрозділи, то необхідно призначити їх для ураження об'єктів другої групи. Незадіяні підрозділи слід призначати для ураження об'єктів третьої групи і т.д. до останньої (L -ї) групи важливості об'єктів.

Виходячи з вищесказаного, можна побудувати для кожної групи важливості l цільову функцію, яка підраховує зниження бойового потенціалу об'єктів заданої групи важливості:

$$F_{1l} = \sum_{i=1}^m \sum_{j \in J_l} A_j \theta_{ij} \quad (l=1,2,\dots,L), \quad (2.7)$$

де J_l - множина об'єктів l -ї групи важливості.

Кількість функцій виду (2.7) має дорівнювати числу груп важливості L .

При знаходженні сукупності значень змінних θ_{ij} , що задовольняють умови (2.3)-(2.6) необхідно, щоб функції виду (2.7) наближались:

$$F_{1l} \rightarrow \max \quad (l=1,2,\dots,L). \quad (2.8)$$

Як правило, число вогневих завдань перевершує кількість вогневих можливостей. Крім того, коли складений план вогневого ураження почне виконуватися, можуть виникнути позапланові завдання по ураженню неврахованих об'єктів. Отже, при виборі раціонального розподілу підрозділів для ураження об'єктів противника необхідно забезпечити таку сукупність змінних θ_{ij} , яка б забезпечувала мінімально можливе залучення батарей.

Цільова функція, що показує сумарне число залучених батарей до реалізації плану розподілу, має вигляд:

$$F_2 = \sum_{i=1}^m Z_i \sum_{j=1}^n \theta_{ij} , \quad (2.9)$$

де Z_i – кількість батарей в підрозділі. Згідно з умовою задачі функція F_2 повинна мінімізуватися:

$$F_2 \rightarrow \min . \quad (2.10)$$

Будь-яка батарея має обмежений запас боєприпасів кожного типу, виділених на бій (на реалізацію плану). Таким чином, кількість боєприпасів кожного типу в батареї є обмеженим ресурсом і, отже, виникає необхідність в створенні такого розподілу підрозділів, який забезпечить мінімальні витрати боєприпасів. Однак, різні артилерійські батареї загалом мають різний калібр, різні типи боєприпасів мають різну могутність, що призводить до різниці у витраті боєприпасів для досягнення одного і того ж рівня показника ефективності. Тому, щоб оперувати сумірними величинами, слід перейти до єдиного розрахункового боєприпасу.

Отже, якщо в батареї кількість боєприпасів різних типів виражено в розрахункових боєприпасах і витрати снарядів на об'єкт вимірюються в таких таких ж величинами, то можна записати цільову функцію, яка має сумарну витрату снарядів в розподілі підрозділів для ураження об'єктів противника:

$$F_3 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \theta_{ij} \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P N_{ijkp} , \quad (2.11)$$

де N_{ijkp} – кількість розрахункових боєприпасів p -го типу, яку витрачає k -а батарея при ураженні j -го об'єкту в складі i -го підрозділу.

За правилами бойового застосування артилерії, якщо вогневе ураження об'

екту наносять кілька батарей, то всі вони використовують один і той же тип боєприпасу. Таким чином, всі батареї, що входять до підрозділу, виконують вогневе завдання одним типом боєприпасу. Якщо k -а батарея не стріляє по j -му об'єкту боєприпасом p -го типу, то $N_{ijkp} = 0$.

Як говорилося раніше, оскільки боєприпаси є обмеженим ресурсом, необхідно, щоб отриманий варіант розподілу забезпечував мінімум цільової функції F_3 :

$$F_3 \rightarrow \min. \quad (2.12)$$

2.1.4. Математична формалізація завдання

З урахуванням отриманих цільових функцій (2.7), (2.9), (2.11), критеріїв (2.8), (2.10), (2.12), що застосовуються до цих функцій, і умов обмежень (2.3) – (2.6), завдання раціонального розподілу підрозділів для ураження об'єктів противника можна сформулювати математично наступним чином.

Знайти

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{\theta_{ij}} F_{1l} = \sum_{i=1}^m \sum_{j \in J_l} A_j \theta_{ij} \quad (l = 1, 2, \dots, L), \\ \min_{\theta_{ij}} F_2 = \sum_{i=1}^m Z_i \sum_{j=1}^n \theta_{ij}, \\ \min_{\theta_{ij}} F_3 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \theta_{ij} \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P N_{ijkp}, \end{array} \right. \quad (2.13)$$

за умов

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m \theta_{ij} \leq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n), \\ \sum_{i \in I_k} S_{pik} \sum_{j=1}^n \theta_{ij} \leq S_{pk} \quad (k = 1, 2, \dots, K; \quad p = 1, 2, \dots, P), \\ \sum_{i \in I_k} \sum_{j=1}^n \theta_{ij} \leq 1 \quad (k = 1, 2, \dots, K), \\ \theta_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n). \end{array} \right. \quad (2.14)$$

Математична модель, що описується співвідношеннями (2.13) і (2.14), відноситься до класу задач цілочисельного лінійного програмування.

Рішення моделі (2.13), (2.14) зводиться до відшукування значень змінних θ_{ij} , що забезпечують досягнення максимуму (або мінімуму) однієї з цільових функцій (2.13) при виконанні умов (2.14). Як правило, така система виявляється не єдиною. На наступному етапі з отриманої множини допустимих варіантів розподілу вибирається та підмножина, яка забезпечує максимум (або мінімум) наступної цільової функції. Процес повторюватиметься до тих пір, поки не будуть обрані допустимі варіанти розподілу, що забезпечать умови максимуму (мінімуму) всіх цільових функцій в (2.13).

Такий підхід ускладнить реалізацію на ЕОМ викладеного методу. Однак, якщо упорядкувати всі критерії, на підставі яких будувалися цільові функції (2.13), то можна провести одноетапну оптимізацію моделі (2.13), (2.14).

2.1.5. Визначення узагальненої цільової функції

У моделі (2.13), (2.14) усі критерії, за якими будувалися цільові функції (2.13), можна впорядкувати за важливістю, виходячи з фізичної сутності розв'язуваної задачі. Застосуємо спосіб побудови лінійного узагальненого критерію (узагальненої цільової функції, що оптимізується), який дозволяє в розглянутій задачі за один етап знаходити рішення задачі, оптимальне по всій сукупності заданих критеріїв (лінійних щодо змінних задачі) з урахуванням їх важливості.

Суть підходу полягає в наступному. При аналізі моделі (2.13) за допомогою умови (2.1) може виявитися, що в матриці ефективностей (табл. 1.1) деякі комбінації i -го підрозділу і j -го об'єкта недопустимі. Це може статися через причини, обумовлені вище. Отже, в кожній з цільових функцій (2.13) біля кожної такої змінної θ_{ij} буде стояти коефіцієнт рівний нулю. З метою скорочення розмірності задачі необхідно провести перенумерацію змінних і для зручності записати цільові функції одноіндексним записом, залишивши тільки ті змінні біля яких стоять ненульові коефіцієнти.

Отже, нехай вихідна задача така, що функція, яка оптимізується для кожного критерію окремо має вигляд:

$$F_r = \sum_{i=1}^I C_{ir} \theta_i \quad (r = 1, 2, \dots, R), \quad (2.15)$$

де C_{ir} – значення r -го критерію (коефіцієнт цільової функції), що відповідає i -й змінній θ_i ;

I – загальна кількість змінних задачі після проведення процедури перенумерації;

R – загальна кількість упорядкованих за важливістю критеріїв.

Нехай F – узагальнений критерій, який замінює послідовність приватних критеріїв F_r ($r = 1, 2, \dots, R$), тобто такий, що його екстремум відповідає рішенням, оптимальному за впорядкованою сукупністю критеріїв F_1, F_2, \dots, F_R . Уявімо F як лінійну комбінацію F_r у вигляді

$$F = \chi_1 \varepsilon_1 F_1 + \chi_2 \varepsilon_2 F_2 + \dots + \chi_R \varepsilon_R F_R, \quad (2.16)$$

або

$$F = \sum_{r=1}^R \chi_r \varepsilon_r F_{rj}; \quad F_r > 0 \quad (r = 1, 2, \dots, R), \quad (2.17)$$

де χ_r – змінна величина, яка вказує на збіг або розбіжність характеристик екстремумів (максимумів або мінімумів) r -го й узагальнених критеріїв;

ε_r – вага r -го критерію.

Комбінуючи (2.15) і (2.17) отримуємо:

$$F = \sum_{i=1}^I \theta_i \sum_{r=1}^R \chi_r \varepsilon_r C_{ir} . \quad (2.18)$$

Тоді коефіцієнти узагальненої цільової функції знаходимо за формулою

$$C_i = \sum_{r=1}^R \chi_r \varepsilon_r C_{ir} . \quad (2.19)$$

Змінна χ_r ($r = 1, 2, \dots, R$) визначається наступним чином:

$$\chi_r = \begin{cases} 1, & \text{якщо характери екстремумів } F_r \text{ і } F \text{ співпадають;} \\ -1, & \text{якщо характери екстремумів } F_r \text{ і } F \text{ не співпадають.} \end{cases} \quad (2.20)$$

Ваги критеріїв повинні бути обрані такими, щоб виключалася можливість компенсації більш важливого фактору (критерію) за рахунок менш важливих. Якщо у формулі (2.17) прийняти

$$\varepsilon_r > \varepsilon_{r+1} \Delta_{r+1} + \varepsilon_{r+2} \Delta_{r+2} + \dots + \varepsilon_R \Delta_R \quad (r = 1, 2, \dots, R-1) \quad (2.21)$$

або, що таке ж саме,

$$\varepsilon_r > \sum_{\omega=r+1}^R \varepsilon_{\omega} \Delta_{\omega} \quad (r = 1, 2, \dots, R-1), \quad (2.22)$$

то екстремум узагальненого критерію у формулі (2.17) визначає рішення критеріїв. При цьому Δ_ω ($\omega = r + 1, \dots, R$) – різниця між найбільшим $F_{\omega_{\max}}$ і найменшим $F_{\omega_{\min}}$ можливими значеннями ω -го приватного критерію. Таким чином, знаходження оптимального рішення задачі розподілу полягає в наступному:

- Необхідно задатися вагою ε_R останнього по важливості критерію.
- Послідовно, за формулою (2.22), знайти ваги $\varepsilon_{R-1}, \varepsilon_{R-2}, \dots, \varepsilon_1$ інших критеріїв.
- За формулою (2.19), використовуючи умову (2.20), обчислити коефіцієнти C_i лінійної форми узагальненого функціонала F .
- Вирішити звичайну задачу оптимізації F .

Отже, введення узагальненого функціонала дозволяє істотно скоротити час обчислень при вирішенні моделі (2.13), (2.14). Для цього розставимо критерії (2.13) в порядку переваги.

Як було сказано раніше, всі об'єкти ураження об'єднані в групи за ступенем їх важливості. Переваги поразки групи об'єктів зменшуються з ростом номера групи l ($l = 1, 2, \dots, L$). Таким чином, переваги критеріїв оптимальності розподілу (від більш важливого до менш важливого) визначаються порядковим номером l критерію F_{1l} . Критерії F_{1l} повинні максимізуватися.

Наступним за перевагою критерієм повинен бути F_2 , що показує число залучених до реалізації плану батарей. Цей критерій мінімізується.

Останнім за перевагою буде критерій (сумарна витрата снарядів). Він, як і попередній – мінімізується.

2.2 Загальна характеристика наближених методів оптимізації

Методи чисельного рішення задач багатовимірної оптимізації численні і різноманітні. Умовно їх можна розділити на три великі класи в залежності від інформації, що використовують в реалізації методу: методи нульового, першого і другого порядків [10-12].

Для вирішення завдань дискретної (зокрема й булевої) оптимізації в основному застосовуються методи нульового порядку. Методи нульового порядку (прямого пошуку мінімуму цільової функції) у своїй реалізації використовують тільки інформацію про значення функції, що мінімізується в деякій послідовності точок [13-14]. Така послідовність $\{x^0, x^1, \dots, x^k, \dots\} \in R^n$ називається релаксацийною, якщо $f(x^0) \geq f(x^1) \geq \dots \geq f(x^k)$ і вона повинна належати області допустимих значень $G \subset R^n$, яка задається системою обмежень. При вирішенні задач дискретної оптимізації, прямі методи дають наближене або точне рішення (може бути в крайньому випадку).

Будь-який чисельний метод оптимізації складається з наступних основних етапів:

- 1) Знаходження точки, що належить області допустимих розв'язків;
- 2) Оцінка оптимальності значення функції в певній точці;
- 3) Якщо в знайденої точці функція не досягає оптимального розв'язку, то необхідно знайти нову точку області допустимих розв'язків, значення функції в якій не гірше, ніж в попередній точці (з точки зору даної задачі оптимізації). Фактично методи оптимізації відрізняються один від одного тим, як відбувається перехід від однієї точки області допустимих розв'язків до наступної. При вирішенні завдань оптимізації на множині, G , метод вирішення в крайньому випадку може звестися до повного перебору.

До таких методів відноситься і метод вектора спаду, який дозволяє вирішувати різного типу завдання оптимізації, в тому числі і дискретної оптимізації з булевими змінними [11].

Перевагою методів нульового порядку є простота алгоритмізації, що визначає їх широке застосування при вирішенні прикладних задач оптимізації. У той же час вони теоретично менш вивчені, ніж методи першого і другого порядків, і носять евристичний характер.

2.2.1 Метод вектору спаду. Основні положення

Дискретним простором M будемо називати сукупність точок n -мірного простору R^n , якщо для будь-якої його точки $x^i = \{x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i\} \in R^n$ існує деяка околиця, в якій немає жодної точки, що належить M . Прикладом дискретного простору може бути безліч всіх точок R^n з цілочисельними координатами.

Якщо на множині, M ввести метрику (правило визначення відстані між двома елементами) $\{x^1; x^2\} \in M$, то M будемо називати метричним простором. Для дискретних метричних просторів метрику визначаємо зазвичай як:

$$p(x^1, x^2) = \sum_{j=1}^n |x_j^1 - x_j^2|. \quad (2.23)$$

В цьому випадку $\rho(x^1, x^2)$ буде цілим невід'ємним числом.

Якщо є деяка точка $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in M$ і додатне число r , то множина всіх точок $y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\} \in M$, для яких $\rho(x, y) \leq r$, називається околицею точки $x \in M$ і позначається як $O_M(x, r)$.

Нехай M – дискретний метричний простір, а $f(x)$ деяка функція, для якої потрібно знайти мінімум на M .

Визначення 1. Точка $x \in M$ називається точкою локального мінімуму функції $f(x)$ щодо околиці $O_M(x, r)$, якщо для всіх $y \in O_M(x, r)$ виконується нерівність $f(x) \leq f(y)$ і $O_M(x, r)$ містить не тільки одну точку x (для дискретних множин). У завданнях дискретного програмування з булевими змінними $r \in N$ є натуральним числом ($r \in N$).

Визначення 2. Векторну функцію $\Delta_M^r(x)$, визначену на M , називають вектором спаду функції $f(x)$ відносно $O_M(x, r)$, якщо виконуються наступні умови:

- 1) значення $\Delta_M^r(x)$ в кожній точці $x \in M$ є l -мірним вектором з компонентами x_1, x_2, \dots, x_l ;
- 2) точка $x \in M$ є точкою локального мінімуму $f(x)$, тоді й тільки тоді, коли $\Delta_i \geq 0$ для всіх $i = \overline{1, l}$;
- 3) якщо $x \in M$ не є точкою локального мінімуму функції $f(x)$ в околицях $O_M(x, r)$, то вектор спаду дає можливість визначити точку $x^1 = O_M(x, r)$, таку, що $f(x^1) < f(x)$.

Відповідно до цього визначення вектор спаду $\Delta_M^r(x)$ дозволяє кожній точці $x \in M$ околиці $O_M(x, r)$ знайти напрям зменшення (спаду) значень $f(x)$ в околиці $O_M(x, r)$.

Розмір вектору спаду l для задач дискретної оптимізації визначається кількістю точок x , що входять в околицю $O_M(x, r)$.

Теорема 1. Якщо функція $f(x)$, яка визначена на дискретній множині M , задовольняє наступні умови

- 1) $f(x)$ обмежена знизу на M , тобто $f(x) \geq c, \forall x \in M$;
- 2) $|f(x^1) - f(x^2)| \geq \delta$, де $\delta = const$ для будь-яких x^1, x^2 , таких, що $f(x^1) \neq f(x^2)$,

то при будь-якому виборі початкового наближення $x^0 \in M$, $r_1 > 0$ і послідовності $\{r_1, r_2, \dots, r_m\}$, процес розрахунку алгоритму вектору спаду сходиться за кінцеве число кроків, що не перевищує величини

$$\frac{f(x^0) - c}{\delta} \quad (2.24)$$

Зауважимо, що для задач дискретної оптимізації в обмеженій замкнутій множині G метод вектору спаду може бути зведений до повного перебору всіх точок.

2.2.2 Опис алгоритму вектору спаду

1. Виходячи з урахування специфіки розв'язуваної задачі вибираємо початкове наближення $x^0 \in M$ і задаємо величину радіуса $r_1 > 0$.
2. Задаємо послідовність радіусів $\{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ при $0 < r_1 < r_2 < \dots < r_m < r$; $m \geq l$.
3. Вважаємо $n=0$.
4. На кожній $(n+1)$ -й ітерації алгоритму виконуються наступні дії.
 - 4.1. Вважаємо $k = 1$.
 - 4.2. Розглянемо околицю $O_G(x^n, r_k)$.
 - 4.3. За значеннями компонент вектору спаду $\Delta_G^{r_k}(x)$ визначаємо, чи є $f(x^n)$ локальним мінімумом функції $f(x)$ відносно $O_G(x^n, r_k)$. Якщо так, то при $k < m$, замінивши k на $k+1$, переходимо до 4.2., а при $k = m$ – до 5.
 5. При $k > m$ переходимо до 4.4.
 - 4.4. За значеннями компонент вектору спаду $\Delta_G^{r_k}(x)$ знаходимо в околиці

$O_G(x^n, r_k)$ точку x^{n+1} , для якої $f(x^{n+1}) < f(x^n)$. Замінивши n на $n+1$ переходимо на 4.1.

5. Завершуємо роботу алгоритму, так як x^n буде точкою локального мінімуму $f(x)$ відносно околиці радіусу r .

2.3 Алгоритми програми

В цьому підрозділі пояснювальної записки приведені основні алгоритми роботи програмного забезпечення для оптимального планування вогню артилерійського підрозділу.

На рисунку 2.1 приведена блок - схема алгоритму моделі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону. Як видно зі схеми, загальна програма складається із послідовного виконання декількох підпрограм

При вирішенні завдання оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону необхідно оцінювати вогневі можливості дивізіону, який може бути укомплектований різними артилерійськими системами. Це завдання ускладнюється різноманітністю гармат, які входять до складу дивізіону. Практика показала, що без спрощення, яке полягає в "заміні" реального дивізіону еквівалентним з однаковими артилерійськими системами, поставлену задачу вирішити в даній моделі не вдасться.

Тому підпрограма 1 призначена для зведення реального дивізіону до однорідного (що складається з підрозділів, озброєних зброєю одного зразка і забезпечених боєприпасами одного виду). Ця підпрограма використовується до введення основної моделі.

Загальна схема

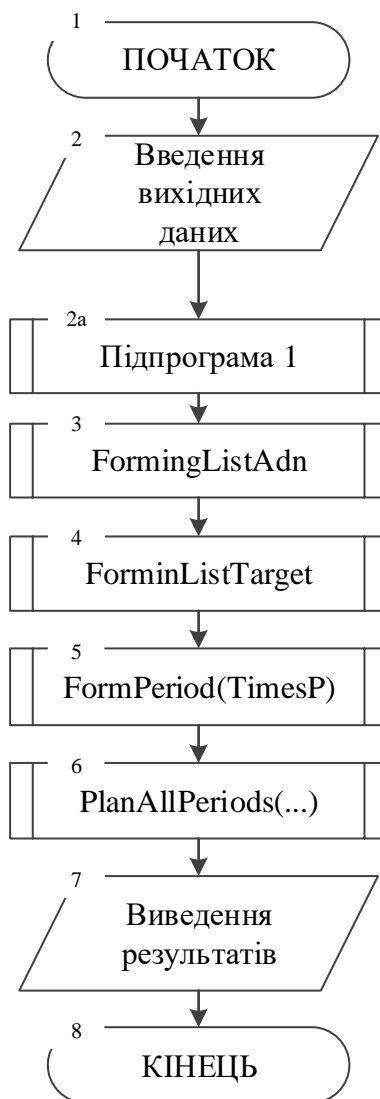


Рисунок 2.1 – Блок-схема алгоритму моделі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону

Боєприпаси основного призначення зброї різного калібру переведемо в розрахункові, використовуючи "коефіцієнт перетворення снарядів в розрахункові боєприпаси β_i ". Коефіцієнт β_i будемо розраховувати з умови, коли існує рівність [15-17]:

$$M_{\xi}(N_i) = M_{\xi}(N_j), \quad (2.25)$$

де $M_{\xi}(N_i)$ – математичне очікування збитків, яке завдадуть противнику при витраті снарядів j -го калібру;

$M_{\xi}(N_j)$ – математичне очікування збитків, яке завдадуть противнику при витраті снарядів j -го калібру.

Визначення коефіцієнта β_i зробимо за такою методикою.

Методика визначення коефіцієнта β_i .

1. Проводимо аналіз кількісно-якісного складу об'єктів в прийнятому фіксованому угрупованню противника.

2. Визначаємо артилерійську систему і вид боєприпасу, які приймемо в якості еталонних. В даній підпрограмі в якості еталонного зразка прийнята 122-мм Г Д-30, а еталонним боєприпасом вважають 122-мм осколково-фугасний снаряд.

3. При визначенні параметра β_i необхідно враховувати те, що він характеризує бойові можливості боєприпасу, які залежать не тільки від калібру, а й від інших його характеристик, таких, як дальність стрільби D_{Π} , яка розраховується по кожній цілі в кожній групі, могутність боєприпасу S_{Π} , рівень показника ефективності стрільби P , точність визначення установок за дальністю $E_{до}$ і за напрямком $E_{но}$.

4. Розраховуємо для кожного об'єкта витрату боєприпасів N_i , необхідну для отримання необхідного рівня показника ефективності стрільби при найпідходящому способі обстрілу [5, 8, 9]:

– для ураження окремої цілі

$$N_i = K \frac{E_{до_i} E_{но_i}}{S n_i}, \quad (2.26)$$

де $K = \frac{\pi}{\rho^2} \ln^2(1 - \sqrt{P_i})$; $\rho = 0,47694$;

$E_{до_i}$ – зведені серединні помилки визначення установок за дальністю, м для

i -тої цілі;

$E_{но_i}$ – зведені серединні помилки визначення установок за напрямком, м

для i -тої цілі;

Sn_i – наведена зона ураження, м² для i -тої цілі;

P_i – задана ймовірність ураження i -тої цілі;

– для ураження групової цілі:

$$N_i = K \frac{E_{до_i}' E_{но_i}' }{Sn_i}, \quad (2.27)$$

де

$$\left. \begin{aligned} E_{до_i}' &= \sqrt{E_{до_i}^2 + 0,038 \Gamma_{ц_i}^2} \\ E_{но_i}' &= \sqrt{E_{но_i}^2 + 0,038 \Phi_{ц_i}^2} \end{aligned} \right\}; \quad (2.28)$$

$E_{до_i}$ – зведені серединні помилки визначення установок за дальністю з урахуванням розмірів i -тої цілі за глибиною м;

$E_{но_i}'$ – зведені серединні помилки визначення установок за напрямком з урахуванням розмірів i -тої цілі за фронтом м;

$\Gamma_{ц_i}$ – глибина i -тої цілі, м;

$\Phi_{ц_i}$ – фронт i -тої цілі, м.

5. Розраховуємо сумарну витрату розрахункових снарядів, що еквівалентна витраті реальних боєприпасів за формулою:

$$N_0 = \sum_{i=1}^{\gamma} N_{o_i}. \quad (2.29)$$

Помноживши і поділивши N_{o_i} на N_i , після перетворення отримаємо

$$N_0 = \sum_{i=1}^{\gamma} N_i \beta_i, \quad (2.30)$$

де $N_i = \sum_{j=1}^n N_j$;

$$\beta_i = \frac{N_{0i}}{N_i} \text{ – коефіцієнт перерахунку витрати снарядів } i \text{ - го калібру в еквіва-}$$

лентну йому витрату снарядів, які вважають розрахунковою одиницею (РБ) ;

γ – кількість груп об'єктів;

n – кількість груп об'єктів в кожній j -тій групі;

На рисунках 2.2 – 2.5 представлена блок-схеми алгоритму підпрограми 1. На рисунках 2.6 – 2.7 представлена блок-схема алгоритм визначення боєприпасів підпрограми 1.

В додатку А наведена блок-схема алгоритму використаного методу оптимізації (вектору спадання).

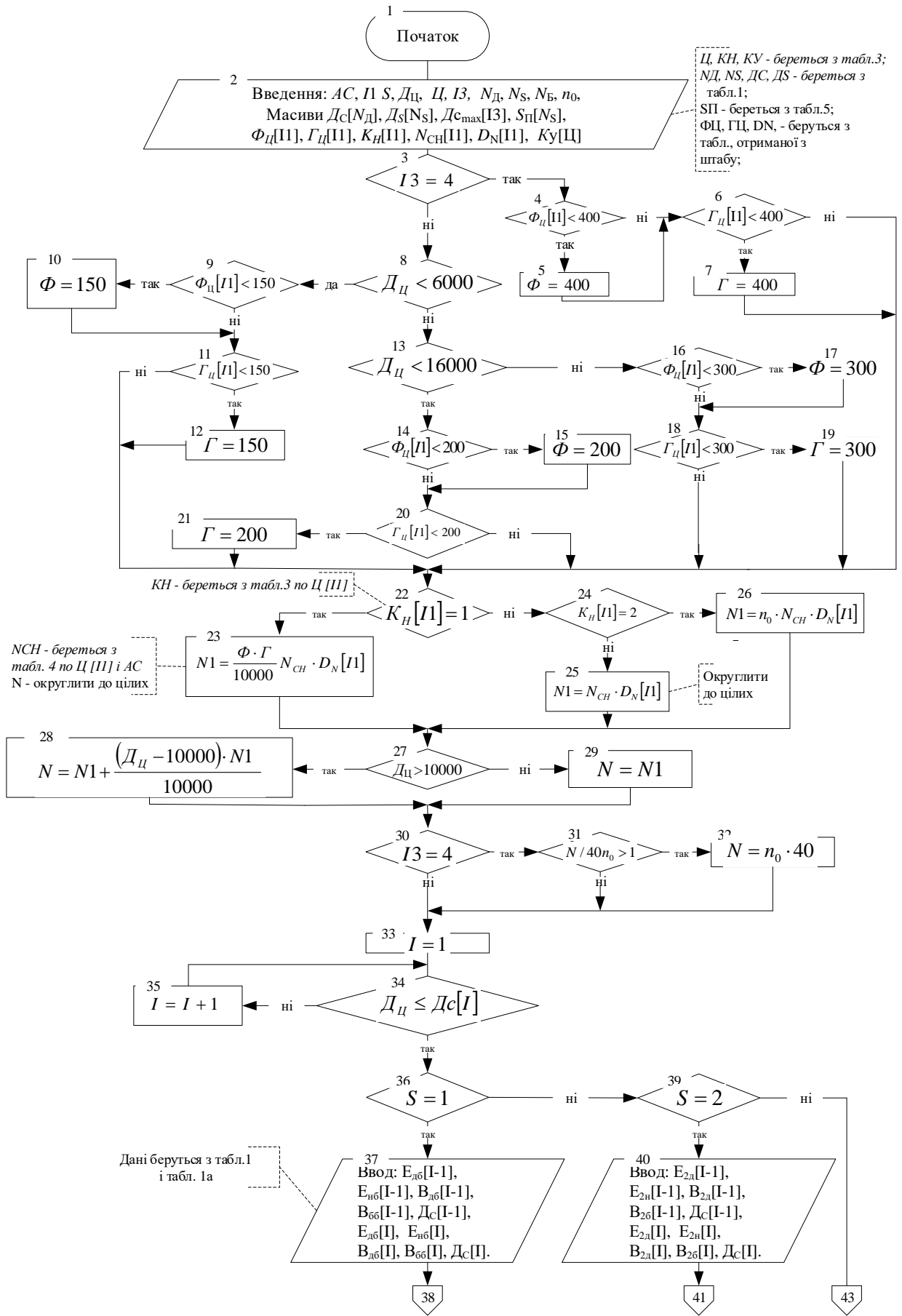


Рисунок 2.2 – Блок-схема алгоритму підпрограми 1

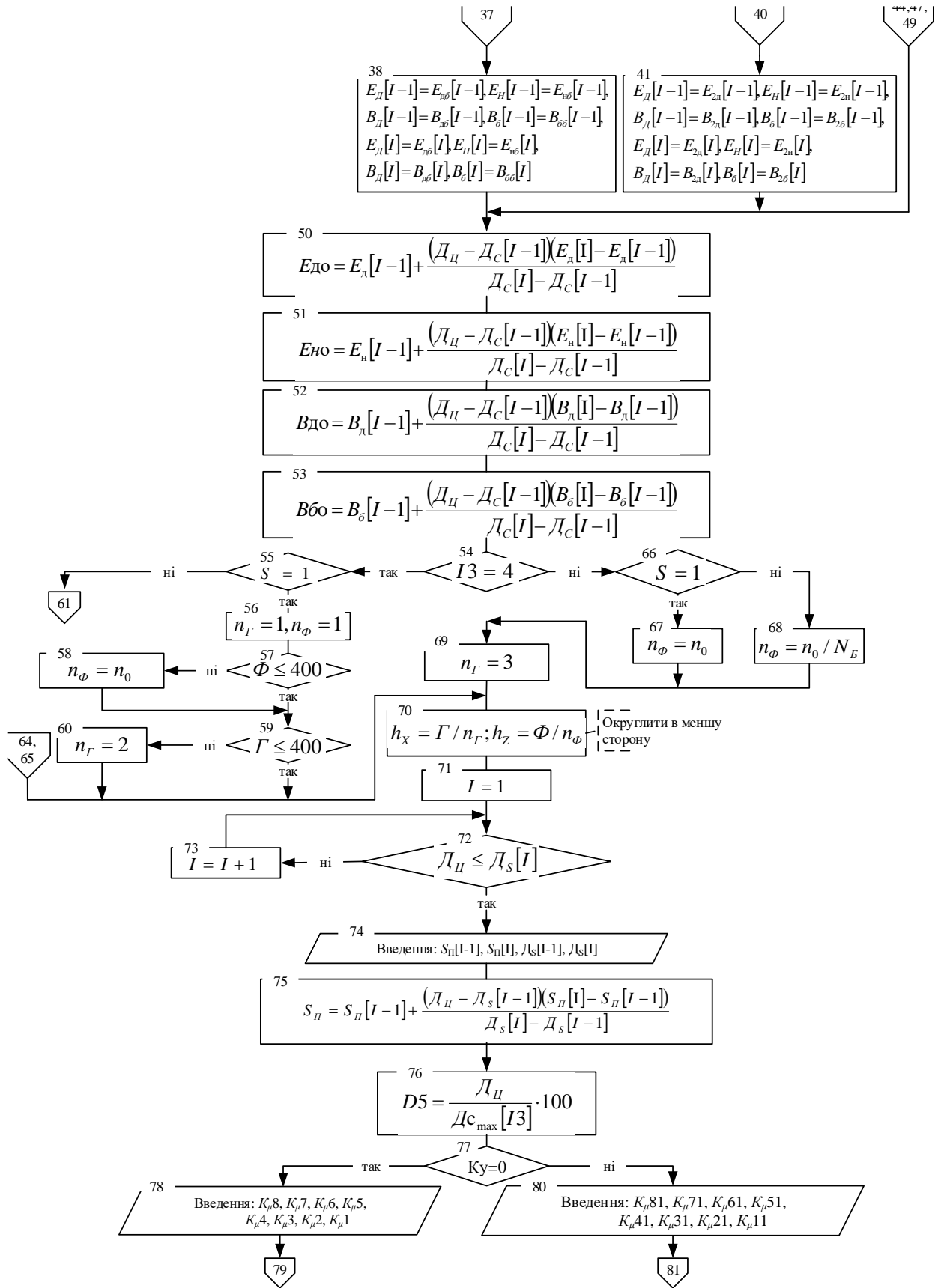


Рисунок 2.3 – Блок-схема алгоритму підпрограми 1 (продовження)

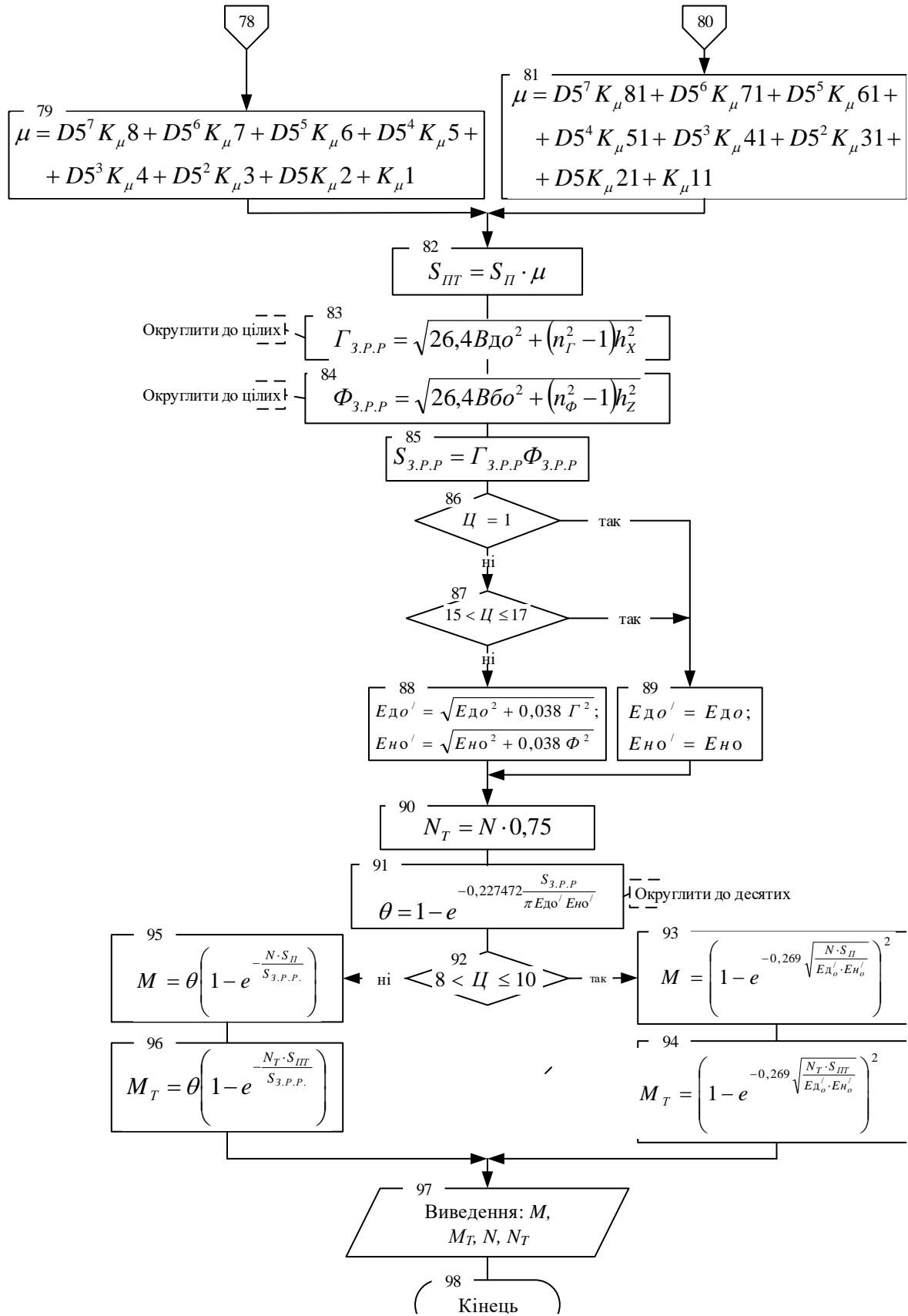


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритму підпрограми 1 (продовження)

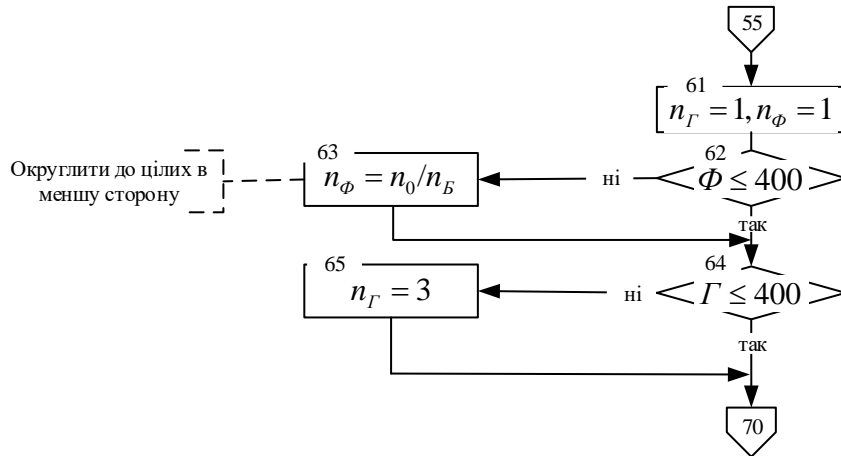
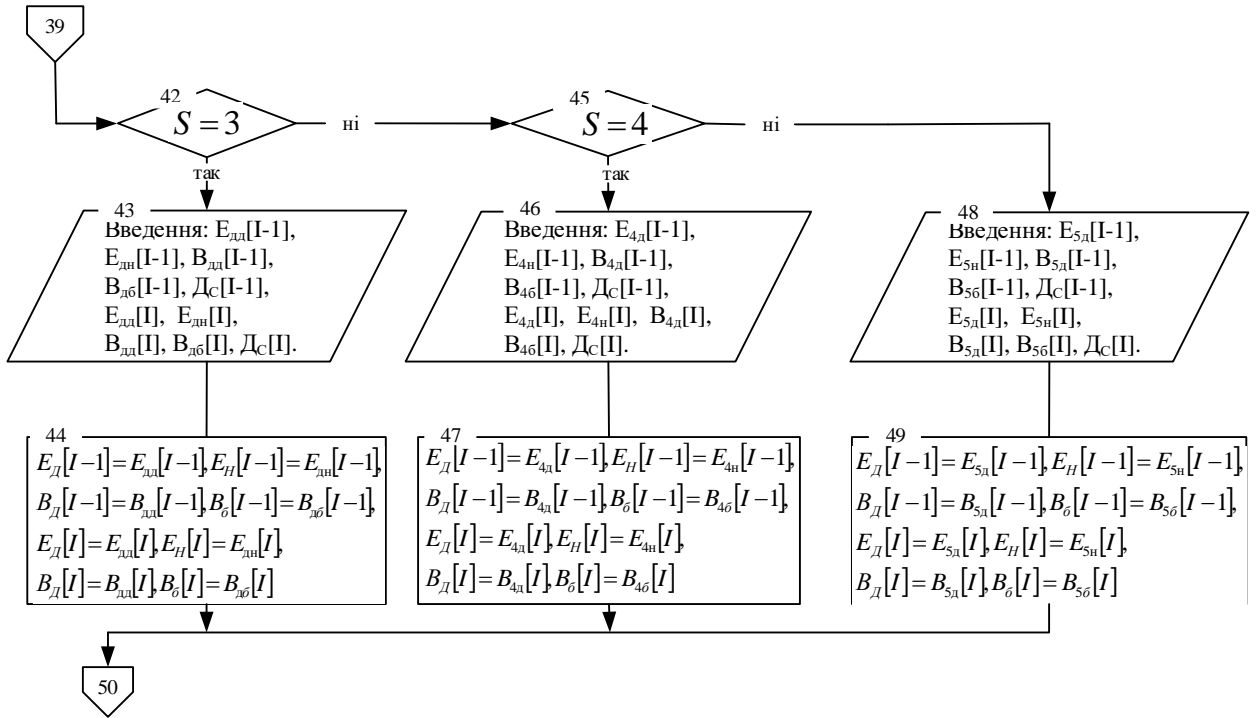


Рисунок 2.5 – Блок-схема алгоритму підпрограми 1 (продовження)

Визначення розрахункового боєприпасу

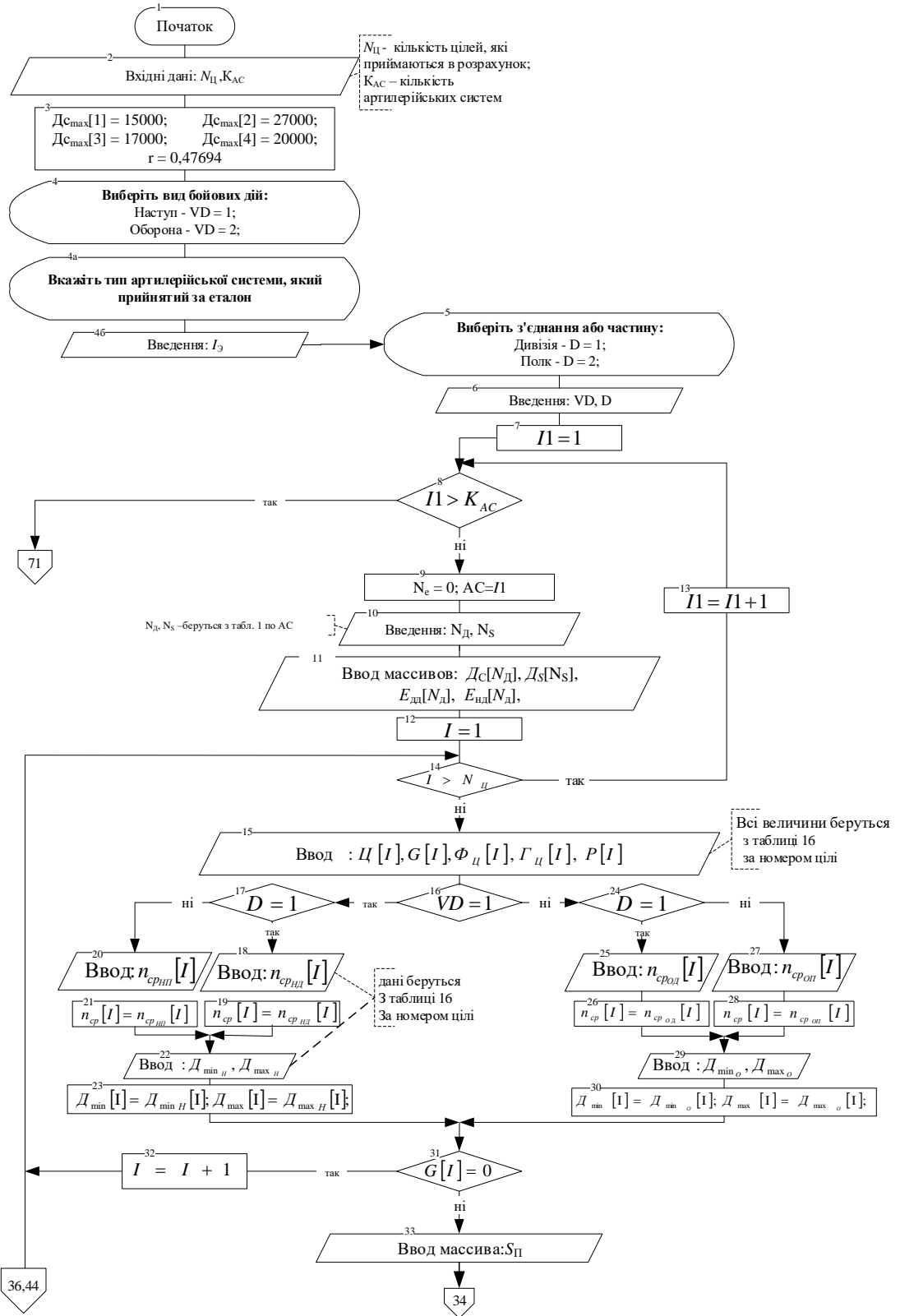


Рисунок 2.6 – Блок-схема алгоритму визначення кількості боєприпасів

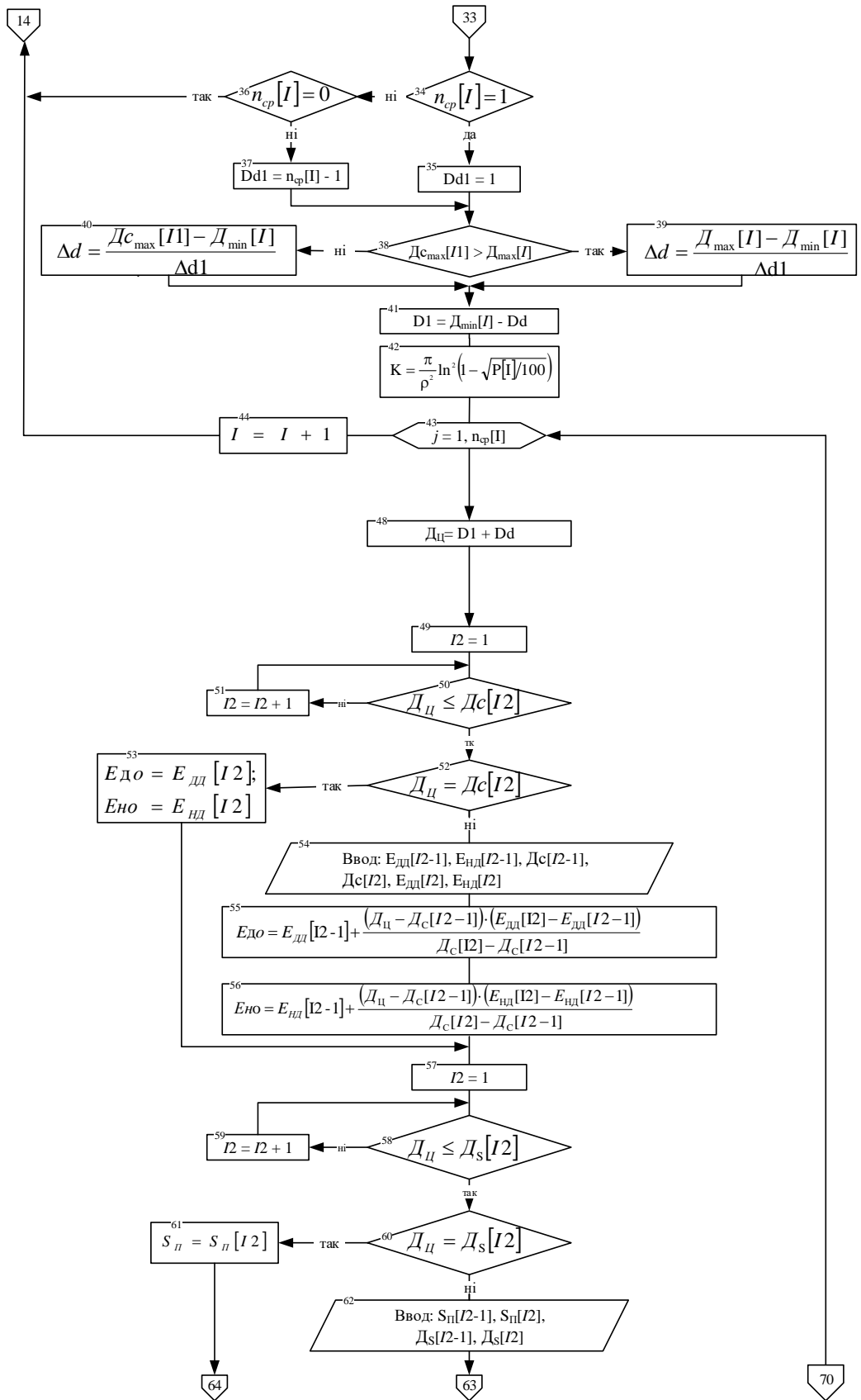


Рисунок 2.7 – Блок-схема алгоритму визначення кількості боєприпасів (продовження)

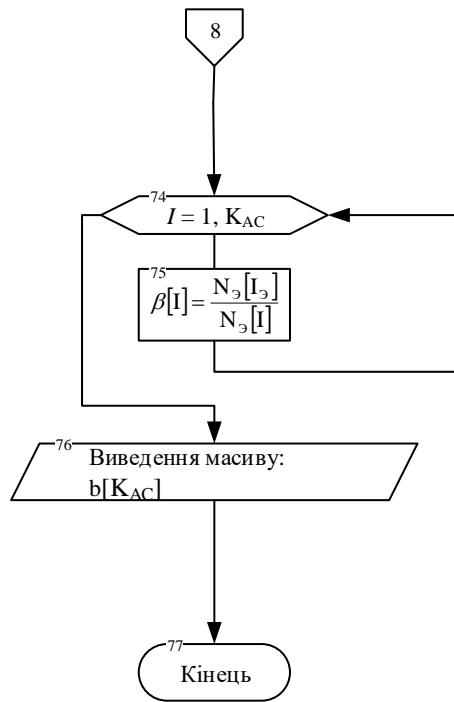
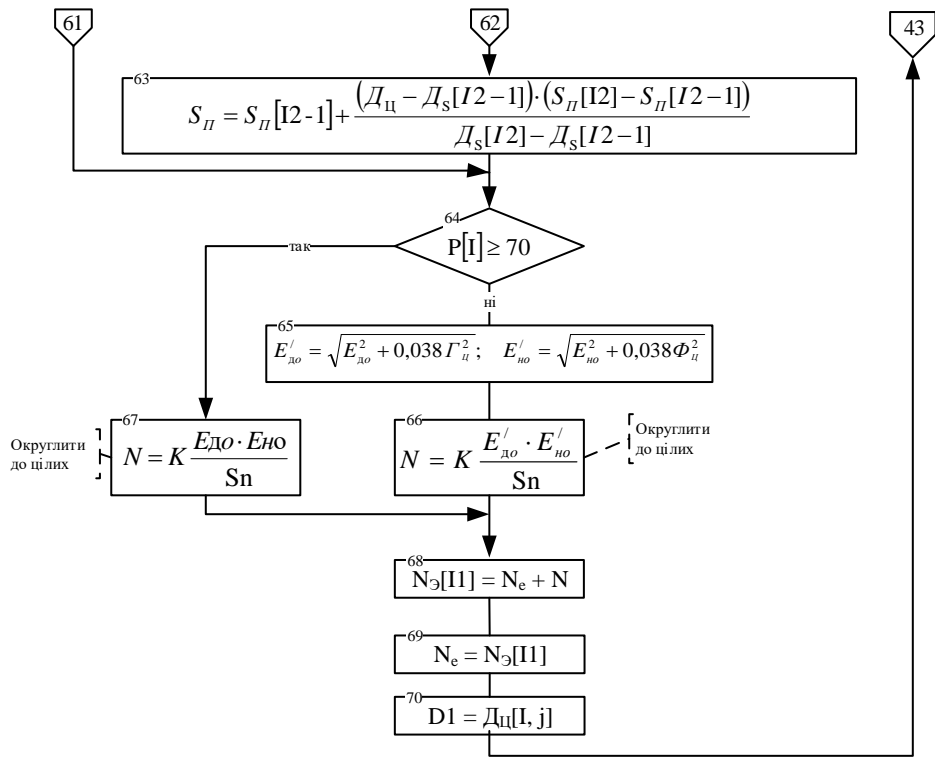


Рисунок 2.8 – Блок-схема алгоритму визначення кількості боєприпасів (продовження)

2.4 Висновки за розділом 2

Розділ 2 присвячений детальному опису розроблених математичних моделей задачі оптимального планування вогню артилерійського підрозділу. Алгоритм вирішення задачі складається із послідовного виконання етапів побудови матриці ефективності, системи обмежень, вибору критерії та побудови цільової функції. Приведена математична формалізація завдання та описані обрані наближені методи оптимізації. Результати представлені в формі блок-схем алгоритмів програмного забезпечення.

3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

3.1 Система баз даних.

3.1.1 Призначення баз даних

База даних BD1 призначена для зберігання константних даних таблиць, що використовуються для розрахункової частини програм, складається з 17 таблиць.

База даних bdPlan призначена для зберігання умов завдань в моделі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону, складається з 8 таблиць.

База даних bdPlanRes призначена для зберігання результатів роботи розрахункового алгоритму моделі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону, складається з 11 таблиці.

3.1.2 Ініціалізація оточення бази даних

Програмне забезпечення (базова конфігурація) Microsoft SQL Server Management Studio версії 14.0.17199.0 і вище.

Для установки необхідна наявність наступних компонентів:

Microsoft .NET Framework версії 4.5 1 і вище, Windows Installer версії 4.5, Windows Power Shell версії 1.0 і операційна система сімейства Windows (не нижче Windows 7), оптимально – Windows 10 Professional.

Також будуть встановлені наступні компоненти таблиця 3.1.

Таблиця 3.1 – Компоненти оточення бази даних

№	Назва	Версія
1	Клієнтські засоби служб Microsoft Analysis Services	10.50.1600.1 і вище
2	Компоненти доступу до даних (MDAC)	3.85.1132 і вище
3	Microsoft MSXML	2.6 3.0 4.0 5.0 6.0 і вище
4	Microsoft Internet Explorer	6.0.2900.5512 і вище

3.1.3 Опис проектування структури

3.1.3.1 База даних BD1

Список таблиць бази даних BD1 наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Призначення таблиць бази даних BD1

№	Назва таблиці	Призначення
1	defeatValues	Зберігає інформацію про артилерійські системи
2	dopDalStrel	Зберігає інформацію про допустимі дальності стрільби артилерійських систем та їх параметри (деталізує defeatValues)
3	firemod	Зберігає інформацію про режими вогню для артилерійських гармат
4	firemodValue	Деталізує інформацію про режими вогню (таблиця firemod) зі вказівкою температурних та часових параметрів
5	groupTargets	Зберігає інформацію про групи цілей
6	m0Coef130	Зберігає масиви коефіцієнтів поліномів для визначення середнього часу відновлення працездатності об'єкта (m_0) після обстрілу осколково-фугасними снарядами калібру 130 мм і менше
7	m0Coef152	Зберігає масиви коефіцієнтів поліномів для визначення середнього часу відновлення працездатності об'єкта (m_0) після обстрілу осколково-фугасними снарядами калібру 152 мм і більше
8	medErrors	Зберігає інформацію про величини зведених серединних помилок <i>Едо</i> , <i>Вдо</i> , <i>Ено</i> , <i>Вбо</i> при повній підготовці (деталізуючи таблицю shootTable)

Продовження табл. 3.2

№	Назва таблиці	Призначення
9	nzarZarDal	Зберігає інформацію про номер заряду, заряд таблиці стрільби і максимальної дальності для фіксованої артилерійської системи
10	polyCoef1	Зберігає масиви коефіцієнтів поліномів для визначення коефіцієнта пропорційності K_{μ} між S_{II} для ударного підривника
11	polyCoef2	Зберігає масиви коефіцієнтів поліномів для визначення коефіцієнта пропорційності K_{μ} між S_{II} для дистанційного підривника
12	reduceValues	Зберігає інформацію, що пов'язує можливі цілі й інформацію про середні значення наведених зон ураження
13	shellConsumption	Зберігає інформацію про витрату снарядів для ураження об'єктів
14	shootTable	Зберігає інформацію, що пов'язує код артилерійської системи з її назвою і кількістю зведених серединних помилок і відповідну кількість значень для наведеної зони ураження
15	targets	Зберігає дані про можливі цілі із вказівкою можливого завдання стрільби і належності цілі до групи (деталізація таблиці groupTargets)
16	tau0Coef130	Зберігає масиви коефіцієнтів поліномів для визначення середнього часу повної небоездатності об'єкта (τ_0) після обстрілу осколково-фугасними снарядами калібру 130 мм і менше
17	tau0Coef152	Зберігає масиви коефіцієнтів поліномів для визначення середнього часу повної небоездатності об'єкта (τ_0) після обстрілу осколково-фугасними снарядами калібру 152 мм і більше

Для таких таблиць бази даних BD1 встановлено такі зв'язки:

1. targets і groupTargets зовнішнім ключем по полю Gr.
2. reduceValues і defeatValues зовнішнім ключем по полю AC.
3. nzarZarDal і dopDalStrel зовнішнім ключем по полю AC.

З огляду на те, що база даних BD1 використовується для зберігання констант і програмне забезпечення працює з нею в режимі читання, уточнити дії при виклику операцій INSERT, UPDATE, DELETE не потрібно.

Графічно схема бази даних показана на рисунку 3.1.

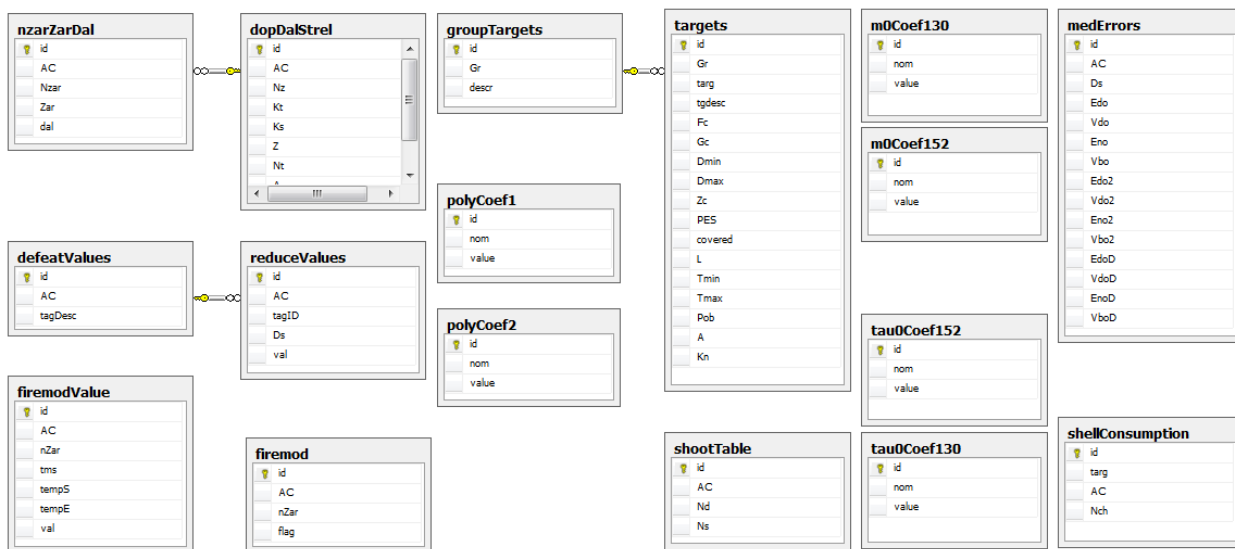


Рисунок 3.1 – Схема бази даних BD1

3.1.3.2 База даних bdPlan

Список таблиць бази даних bdPlan наведений в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Призначення таблиць бази даних bdPlan

№	Назва таблиці	Призначення
1	tbTask	Зберігає інформацію про назву завдання
2	tbAdn	Зберігає інформацію про назви артилерійських систем
3	tbAllTarg	Зберігає інформацію про всі об'єкти
4	tbBatr	Зберігає інформацію про батареї
5	tbPeriod	Зберігає інформацію про завдання
6	tbShells	Зберігає інформацію про типи снарядів
7	tbTargPeriod	Зберігає інформацію про об'єкти на завдання
8	tbTypeShell	Зберігає інформацію про кількість снарядів в батареї

Для таких таблиць бази даних bdPlan встановлено такі зв'язки:

1. tbAllTarg і tbTask зовнішнім ключем по полю idTask і id.
2. tbPeriods і tbTask зовнішнім ключем по полю idTask і id.
3. tbAdn і tbTask зовнішнім ключем по полю idTask і id.
4. tbTargPeriod і tbPeriods зовнішнім ключем по полю idPeriod і id.
5. tbBatr і tbAdn зовнішнім ключем по полю idAdn і id.
6. tbTypeShell і tbBatr зовнішнім ключем по полю idBatr і id.

Зв'язки між таблицями використовуються для забезпечення цілісності даних. З огляду на те, що програмне забезпечення працює з базою даних Zones в режимі читання / запису, необхідно уточнити дії при виклику операцій INSERT, UPDATE, DELETE. Для правила видалення треба вибрати дію Каскадно.

Графічно схема бази даних показана на рисунку 3.2.

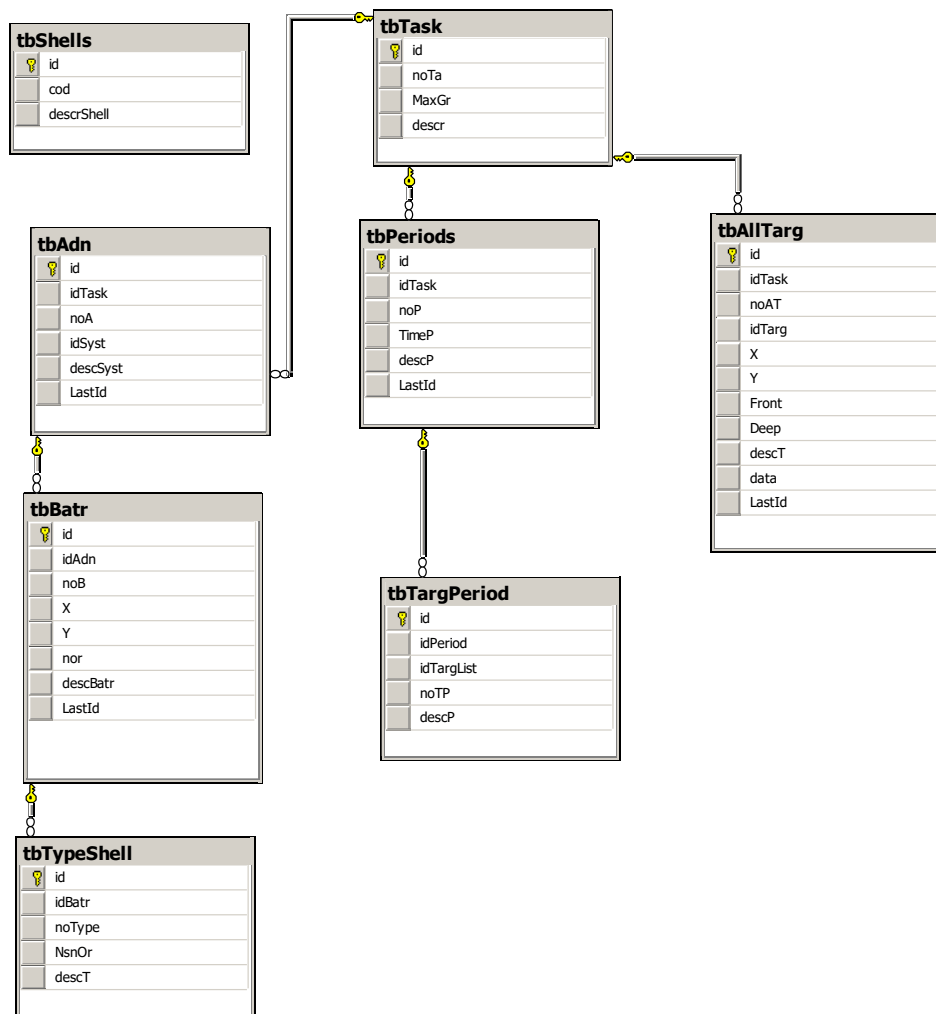


Рисунок 3.2 – Схема бази даних bdPlan

3.1.3.3 База даних bdPlanRes

Список таблиць бази даних bdPlanRes наведений в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Призначення таблиць бази даних bdPlanRes

№	Назва таблиці	Призначення
1	Task	Зберігає інформацію про назву вирішеної задачі
2	tbAdn	Зберігає інформацію про назви артилерійських систем в умові задачі
3	tbAdnRes	Зберігає інформацію про назви артилерійських систем у вирішенні задачі
4	tbAllTarg	Зберігає інформацію про всі об'єкти в умові задачі
5	tbBatr	Зберігає інформацію про батареї в умові задачі
6	tbBatrRes	Зберігає інформацію про батареї у вирішенні задачі
7	tbPeriods	Зберігає інформацію про завдання в умові задачі
8	tbPeriodsRes	Зберігає інформацію про завдання у вирішенні задачі
9	tbRasprRes	Зберігає інформацію про об'єкти на завдання у вирішенні задачі
10	tbTargPeriod	Зберігає інформацію про об'єкти на завдання в умові задачі
11	tbTypeShell	Зберігає інформацію про кількість снарядів в умові задачі

Для таких таблиць бази даних bdPlanRes встановлено такі зв'язки:

1. tbAllTarg і tbTask зовнішнім ключем по полю idTask і id.
2. tbPeriods і tbTask зовнішнім ключем по полю idTask і id.
3. tbAdn і tbTask зовнішнім ключем по полю idTask і id.
4. tbTargPeriod і tbPeriods зовнішнім ключем по полю idPeriod і id.
5. tbBatr і tbAdn зовнішнім ключем по полю idAdn і id.
6. tbTypeShell і tbBatr зовнішнім ключем по полю idBatr і id.
7. tbPeriodsRes і tbTask зовнішнім ключем по полю idTask і id.
8. tbRasprRes і tbPeriodsRes зовнішнім ключем по полю idPeriod і id.
9. tbAdnRes і tbRasprRes зовнішнім ключем по полю idRasp і id.
10. tbBatrRes і tbAdnRes зовнішнім ключем по полю idAdnRes і id.

Зв'язки між таблицями використовуються для забезпечення цілісності даних. З огляду на те, що програмне забезпечення працює з базою даних Zones в режимі читання / запису, необхідно уточнити дії при виклику операцій INSERT, UPDATE, DELETE. Для правила видалення треба вибрати дію Каскадно.

Графічно схема бази даних показана на рисунку 3.3.

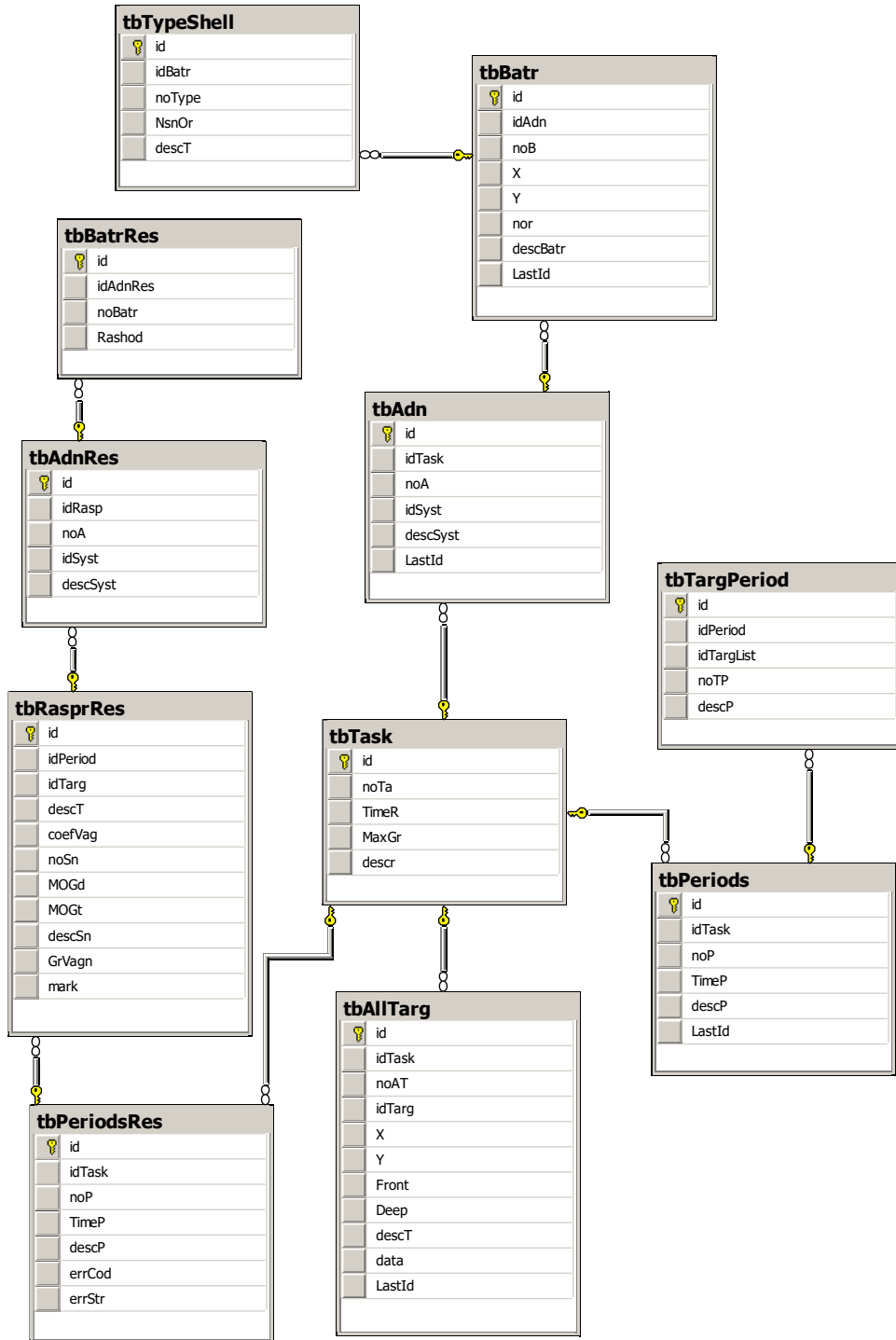


Рисунок 3.3 – Схема бази даних dbPlanRes

3.1.4 Обмеження даних

3.1.4.1 Правила обмежень даних, що зберігаються в таблицях бази даних BD1

Поля даних для таблиці визначені як такі, що не можуть бути порожніми (NULL), значення за замовчуванням не використовуються.

3.1.4.2 Правила обмежень даних, що зберігаються в таблицях бази даних bdPlan

Поля даних для таблиці визначені як такі, які не можуть бути порожніми (NULL), крім тих полів, які мають тип nvarchar (50).

3.1.4.3 Правила кодування даних, що зберігаються в таблицях бази даних bdPlanRes

Поля даних для таблиці визначені як такі, які не можуть бути порожніми (NULL), крім тих полів, які мають тип nvarchar (50).

Для заповнення поля TimeR (таблиця tbTask) у властивостях стовпця використовується значення за замовчуванням (getdate ()).

Для всіх полів значення за замовчуванням не використовуються.

3.1.5 Процедури, що зберігаються

Система баз даних містить ряд збережених процедур для забезпечення зв'язку з всіма базами даних програмного забезпечення та їх цілісного функціонування. Перелік збережених процедур відображені в таблиці 3.5. Синтаксис процедур приведений в додатках Б та В відповідно для баз даних dbPlan та dbPlanRes

Таблиця 3.5 – Опис збережених процедур системи баз даних програмного забезпечення

Номер	Назва бази даних, в якій зберігається процедура	Ім'я процедури	Призначення процедури
1	dbPlan	spLoadTask	Отримує умову раніше вирішеної задачі з bdPlanRes
2	bdPlanRes	uspSaveSolution	Отримує умову задачі з bdPlan
3	bdPlanRes	uspSaveRaspRes	Зберігає результати розподілу в bdPlanRes
4	bdPlanRes	uspSaveAdnRes	Зберігає результати розподілу в bdPlanRes
5	bdPlanRes	uspSaveBatrRes	Зберігає результати розподілення в bdPlanRes
6	bdPlanRes	uspSavePeriodRes	Зберігає результати розподілення в bdPlanRes

3.2 Програмне забезпечення для задачі оптимального планування вогню артилерійського підрозділу.

3.2.1. Технічні засоби, які використовуються

Мінімальні вимоги до апаратного забезпечення, необхідного для роботи програми, як при використанні комп'ютера для роботи тільки клієнтської частини програми, так і в якості сервера бази даних наведені в таблиці 3.6. Для забезпечення мінімізації часу роботи програми і затримок в роботі бази даних не-

обхідно застосовувати обладнання з параметрами, рекомендованими в таблиці 3.7.

Таблиця 3.6 – Склад і мінімальні характеристики апаратних засобів

№ п\п	Тип	Специфікація
1	CPU	Двоядерний процесор з тактовою частотою 2,0 GHz або вище
2	RAM	4 GB або більше
3	LCD	19” з роздільною здатністю 1440x900 або більше
4	HDD/SSD	HHD 200GB або більше

Таблиця 3.7 – Склад і рекомендовані характеристики апаратних засобів

№ п\п	Тип	Специфікація
1	CPU	Двоядерний процесор з тактовою частотою 3,0 GHz або вище
2	RAM	4 GB або більше
3	LCD	22” з роздільною здатністю 1680x1050 або більше
4	HDD/SSD	SSD 480GB або більше

3.2.2 Встановлення (інсталяція) програми

Для встановлення програми необхідно запустити інсталяційний файл від імені адміністратора «setupFirePlan.exe». У вікні, що з’явиться, вибрати українську мову (рис. 3.4).

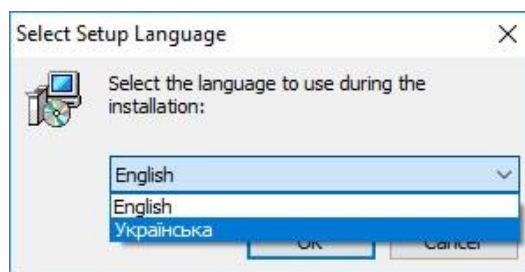


Рисунок 3.4 – Вибір мови інсталлятора

Після продовження процесу встановлення з’явиться вікно в якому можливо вибрати опцію створення ярлика програми на «Робочому столі» (рис. 3.5).

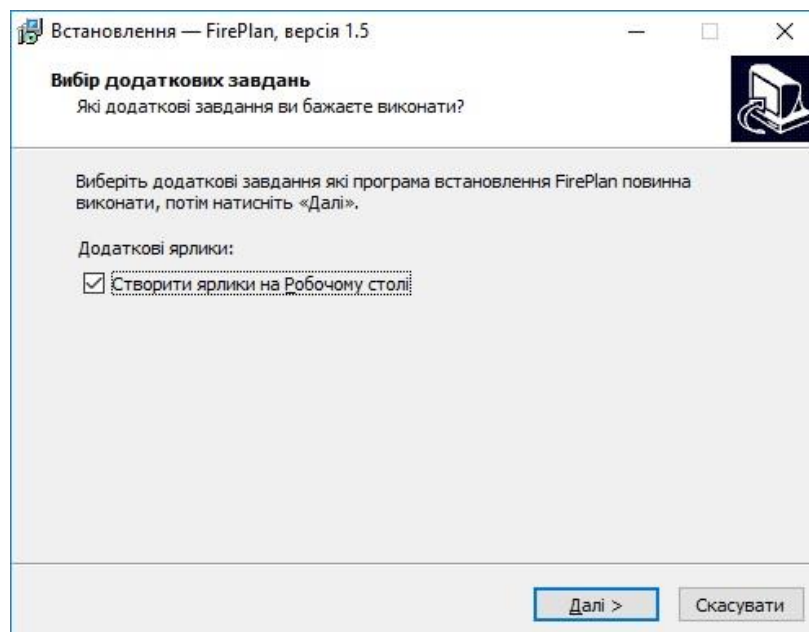


Рисунок 3.5 – Опція встановлення ярлика на «Робочому столі»

Після появи вікна з доповіддю про готовність до встановлення програми необхідно натиснути кнопку «Встановити» (рис. 3.6).

У процесі встановлення програми будуть з'являтися вікна, які висвітлюють прогрес інсталяції (рис. 3.7).

Після завершення процесу інсталяції необхідно вибрати опцію про запуск налаштувань и продовжити встановлення програмного забезпечення (рис. 3.8).

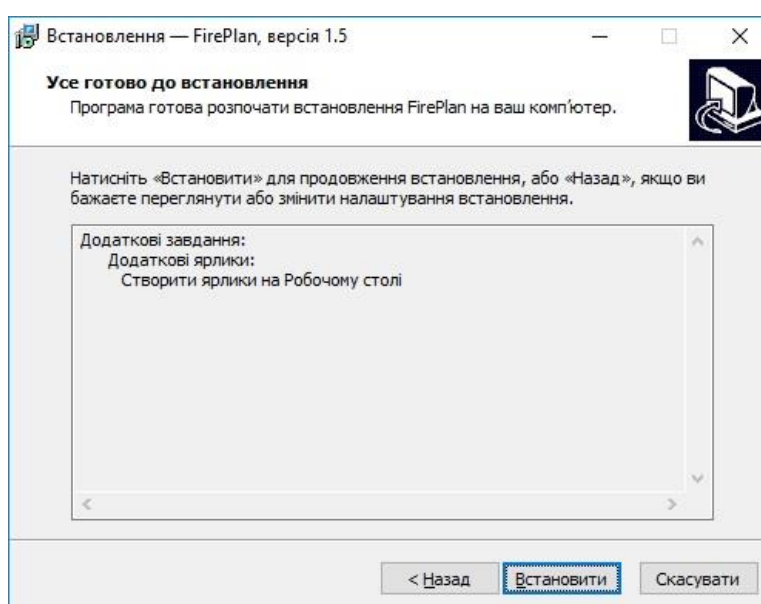


Рисунок 3.6 – Доповідь про готовність до інсталяції

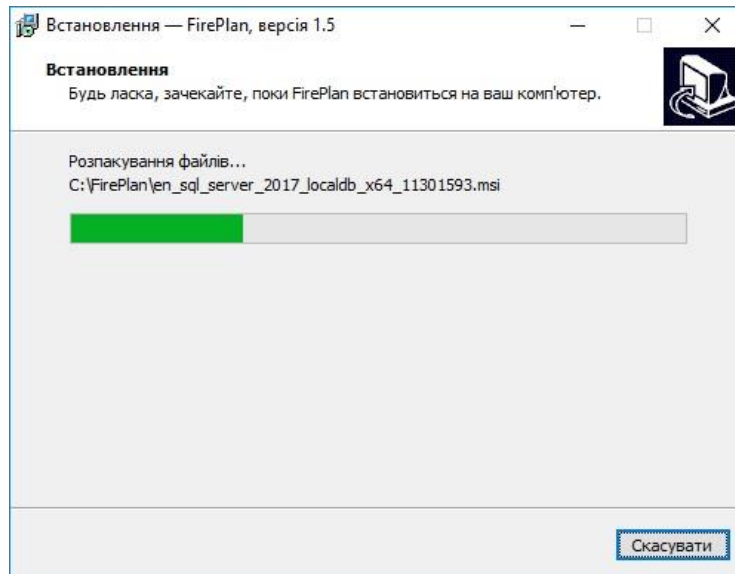


Рисунок 3.7 – Вікно висвітлення прогресу інсталяції (варіант)

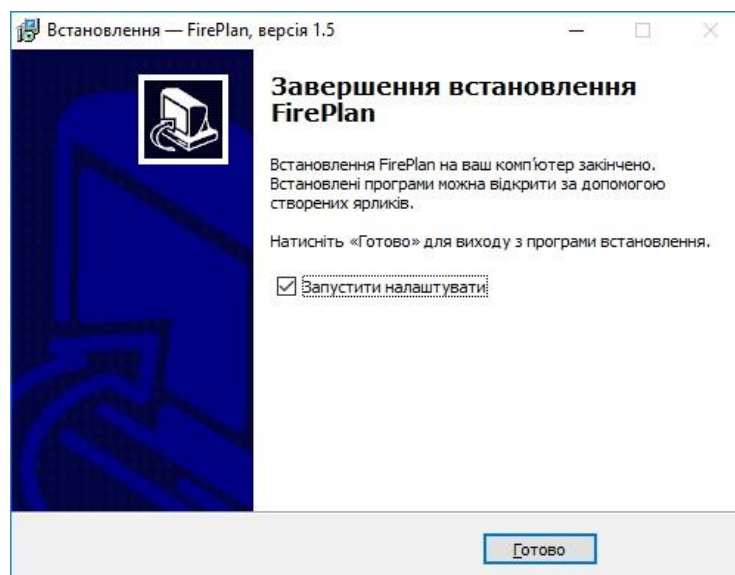


Рисунок 3.8 – Вікно з доповіддю про завершення встановлення і командою на запуск налаштувань

Процес налаштування операційної системи і програмного забезпечення починається з появи двох вікон (рис. 3.9). Для вікна встановлення Microsoft ODBS Driver необхідно вибрати продовження процесу інсталяції.

Встановлення компоненти «ODBS Driver» необхідно провести в послідовності, яка проілюстрована на рис. 3.10 – 3.13.

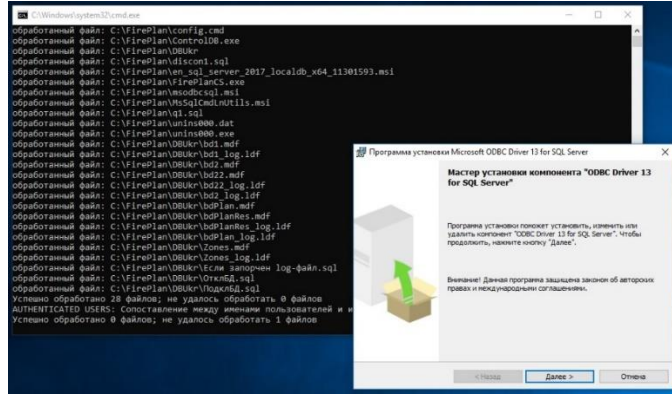


Рисунок 3.9 – Вікно ходу процесу налаштувань, та встановлення компоненти «ODBS Driver»

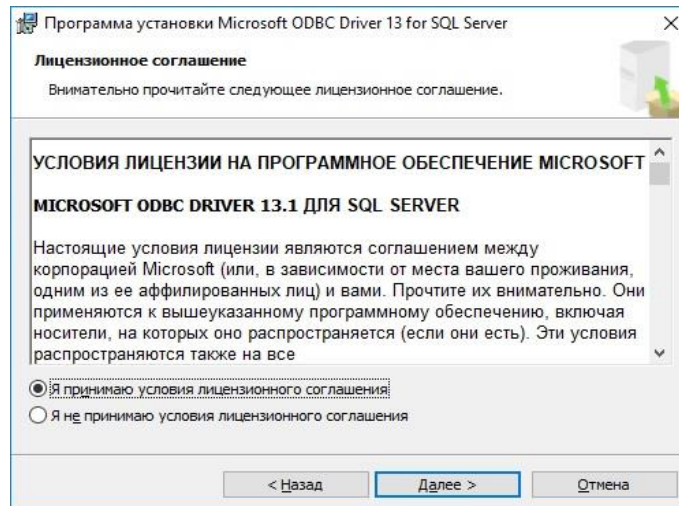


Рисунок 3.10 – Вибір ліцензійної угоди

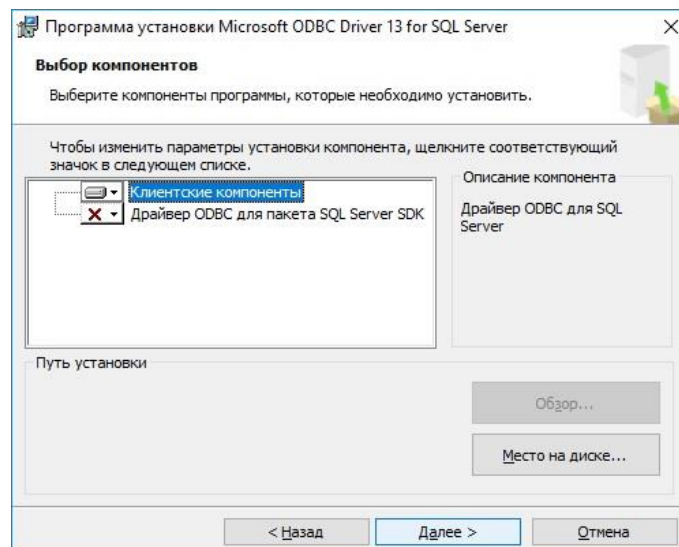


Рисунок 3.11 – Вибір компонент

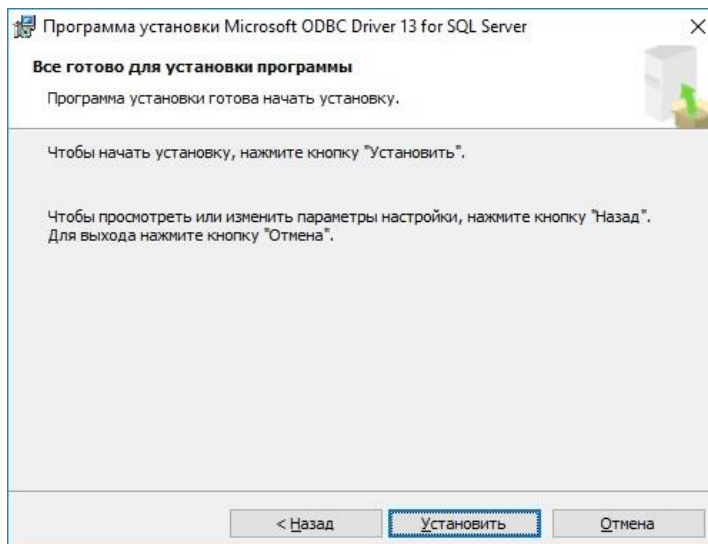


Рисунок 3.12 – Початок інсталяції

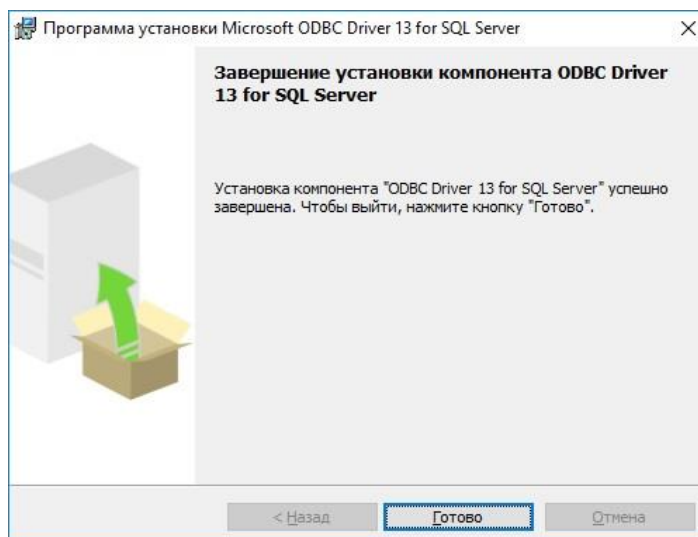


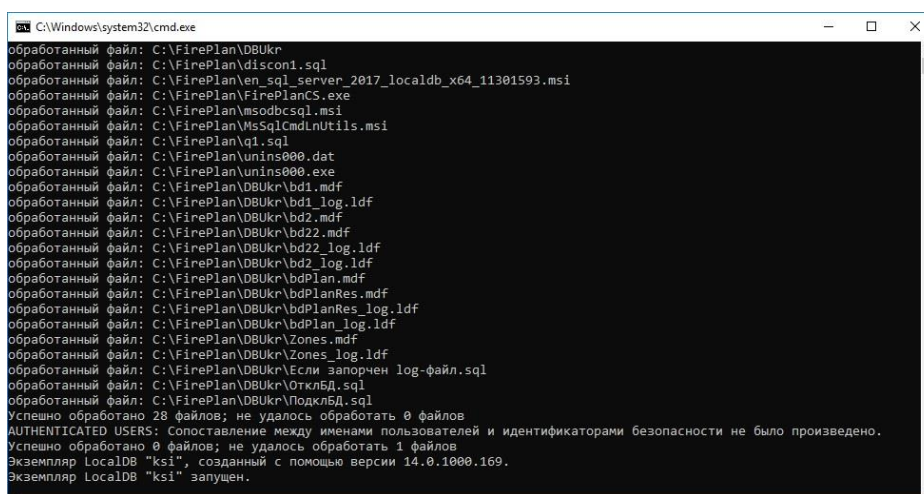
Рисунок 3.13– Завершення встановлення компонента «ODBS Driver»

Після встановлення компонента «ODBS Driver» програма інсталяції розпочне встановлення компонента «Microsoft Command Line Utilities». Після прийняття ліцензійної угоди та запуску інсталятора з'явиться вікно з доповіддю про завершення процесу встановлення компонента «Microsoft Command Line Utilities» (порядок дій стандартний згідно вказівок діалогового вікна, тому не ілюструється в пояснювальній записці).

Після встановлення «Microsoft Command Line Utilities» інсталятор програмного забезпечення розпочне встановлення СУБД «Microsoft SQL Server 2017

LocalDB. Після прийняття ліцензійної угоди, запуску процесу інсталяції «Microsoft SQL Server 2017 LocalDB» з'явиться вікно з доповіддю про завершення встановлення СУБД (порядок дій стандартний згідно вказівок діалогового вікна, тому не ілюструється в пояснювальній записці).

По завершенню встановлення СУБД «Microsoft SQL Server 2017 LocalDB» на екрані залишиться консольне вікно у якому відображена послідовність виконаних команд по налаштуванню операційної системи (рис. 3.14). Коли вікно консолі зникне, процес інсталяції вважається завершеним.



```

C:\Windows\system32\cmd.exe
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr
обработанный файл: C:\FirePlan\discon1.sql
обработанный файл: C:\FirePlan\en_sql_server_2017_localdb_x64_11301593.msi
обработанный файл: C:\FirePlan\FirePlanCS.exe
обработанный файл: C:\FirePlan\msodbcsql1.msi
обработанный файл: C:\FirePlan\MsSqlCmdlnUtils.msi
обработанный файл: C:\FirePlan\ql.sql
обработанный файл: C:\FirePlan\unins000.dat
обработанный файл: C:\FirePlan\unins000.exe
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\bd1.mdf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\bd1_log.ldf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\bd2.mdf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\bd22.mdf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\bd22_log.ldf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\bd2_log.ldf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\bdPlan.mdf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\bdPlanRes.mdf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\bdPlanRes_log.ldf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\bdPlan_log.ldf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\Zones.mdf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\Zones_log.ldf
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\Если_запорчен_log-файл.sql
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\ОтклБД.sql
обработанный файл: C:\FirePlan\DBUkr\ПодклБД.sql
Успешно обработано 20 файлов; не удалось обработать 0 файлов
AUTHENTICATED USERS: сопоставление между именами пользователей и идентификаторами безопасности не было произведено.
Успешно обработано 0 файлов; не удалось обработать 1 файл
Экземпляр LocalDB "ks1", созданный с помощью версии 14.0.1000.169.
Экземпляр LocalDB "ks1" запущен.
  
```

Рисунок 3.14 – Консоль з виконаними командами інсталятора

3.2.3. Запуск программного забезпечення

Запуск програми FirePlanCS.exe здійснюється стандартними засобами операційної системи, детальні відомості про які викладені в Керівництві користувача операційної системи.

У разі успішного запуску програми на робочому столі буде відображене головне вікно програми " FirePlanCS" (рис.3.15).

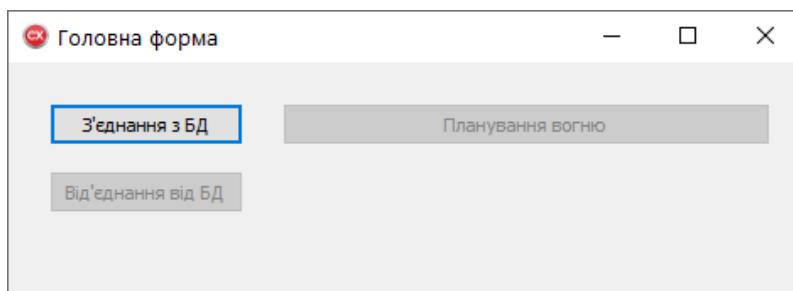


Рисунок 3.15 – Вид головного вікна програми

3.2.4 Вхідні дані для вирішення задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону

Перелік вхідних даних, їх тип, джерело, діапазон припустимих значень наведено у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Вхідні дані задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону

Позначення	Джерело	Опис	Тип	Діапазон значень	Примітки
АС	Задається	Код артилерійської системи	Ціле число	≥ 1	-
Ц	Задається	Номер і характер цілі	Ціле число	$0 \div 30$	-
n_0	Задається	Кількість гармат в батареї	Ціле число	$1 \div 8$	-
$X_{ц}$	Задається	Координата X цілі	Дійсне число	> 0	
$Y_{ц}$	Задається	Координата Y цілі	Дійсне число	> 0	
$\Phi_{ц}$	Задається	Фронт цілі, м	Дійсне число	> 0	-
$\Gamma_{ц}$	Задається	Глибина цілі, м	Дійсне число	> 0	-

Продовження табл. 3.8

Позначення	Джерело	Опис	Тип	Діапазон значень	Примітки
Мтр	Задається	Необхідний рівень показника ефективності стрільби при ураженні цілей	Дійсне число	0÷1	Може бути у відсотках. Тоді діапазон 0÷100
Дп	Задається	Витрата снарядів в частках норми	Дійсне число	0÷1	-
Нгр	Задається	Номер групи важливості об'єкта	Ціле число	1÷5	-
Нсо	Задається	Кількість снарядів на кожну гармату в батареї	Ціле число	>0	-
Хб	Задається	Координата Х центру батареї	Дійсне число	>0	-
Уб	Задається	Координата У центру батареї	Дійсне число	>0	-

3.2.5 Вихідні дані для вирішення задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону

Перелік вихідних даних, їх тип, джерело, діапазон припустимих значень наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Вихідні дані задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону

Позначення	Джерело	Опис	Тип	Діапазон значень
<i>M</i>	Розрахунок	Рівень показника ефективності стрільби при ураженні цілей	Дійсне число	від 0 до 1
<i>N</i>	Розрахунок	Витрата осколково-фугасних	Ціле число	1 ÷ 1000

3.3 Опис користувацького інтерфейсу

3.3.1 Опис інтерфейсу головної форми програми

Головна форма програми (рис. 3.15) містить три кнопки, які містять інтуїтивно зрозумілі команди у вигляді надписів:

- з'єднатися з базою даних;
- від'єднатися від бази даних;
- перейти на форму для вирішення задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону.

3.3.2 Опис користувацького інтерфейсу форми для вирішення задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону та визначення положення цілі в зоні, дозволеній для стрільби

Вікно головної форми (рис. 3.16) для вирішення задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону умовно можна розділити на три області користувацького інтерфейсу: перша – головне меню (рис. 3.17), що включає підпункти; друга – групи швидких кнопок (рис. 3.18, 3.19, 3.20); третя – область введення вхідних даних для розрахункової задачі (рис. 3.21).

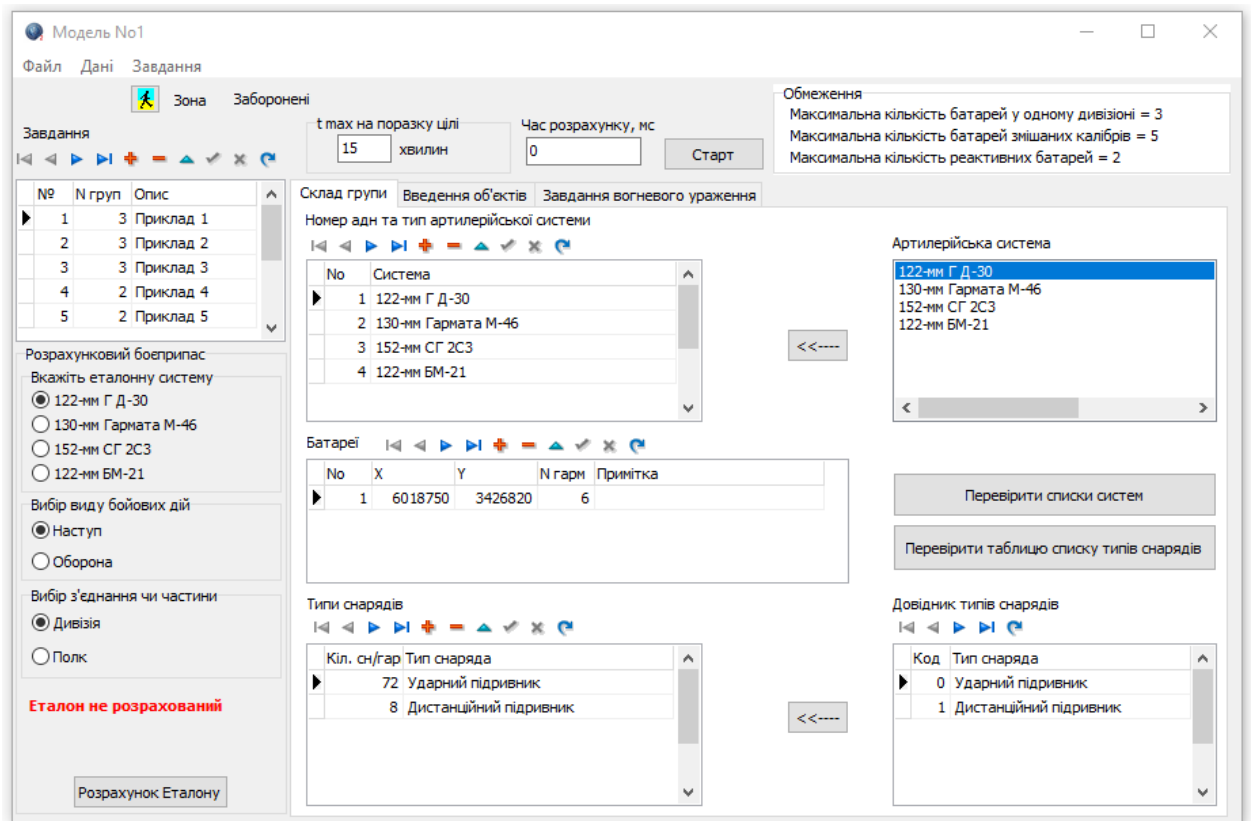
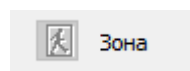


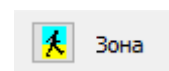
Рисунок 3.16 – Вікно головної форми

Файл Дані Завдання

Рисунок 3.17 – Пункти головного меню



а)



б)

Рисунок 3.18 – Швидка кнопка:

а) до з'єднання з сервером; б) після з'єднання з сервером



Рисунок 3.19 – Панель кнопок роботи з записами елементів типу DBGrid

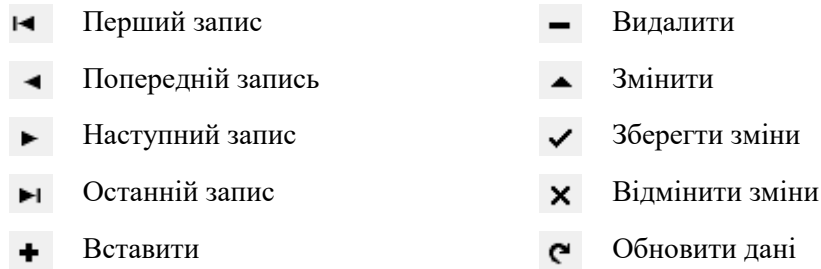


Рисунок 3.20 – Кнопки роботи з записами елементів типу DBGrid

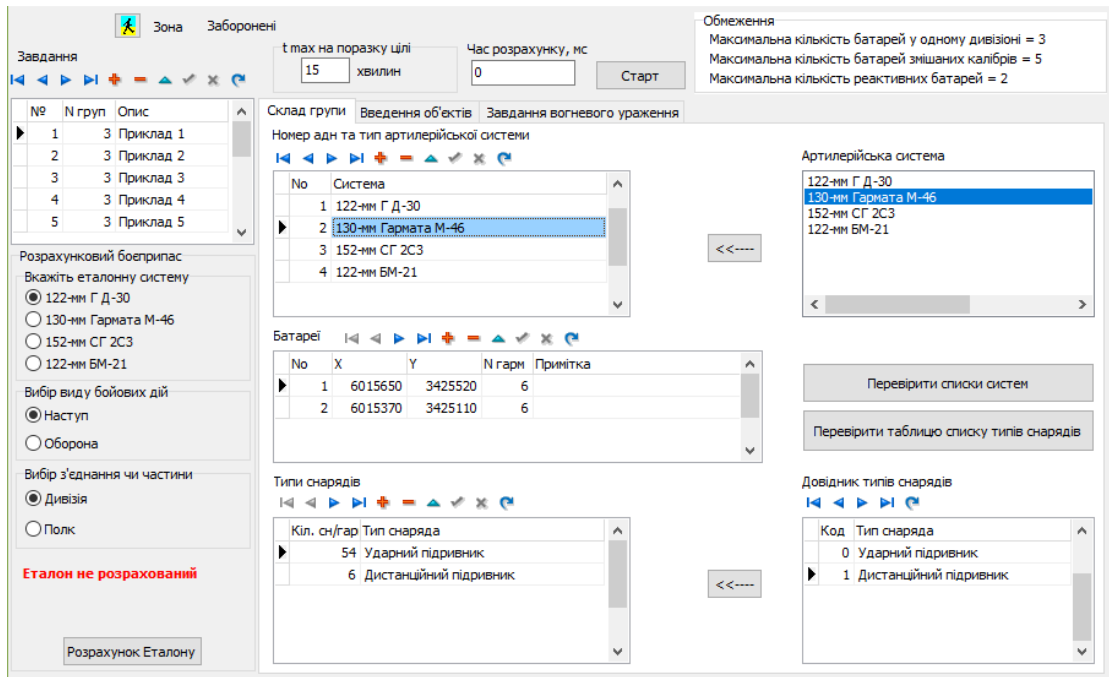


Рисунок 3.21 – Область введення вихідних даних

Деякі елементи забезпечені спливаючими підказками.

Головне меню програми (рис. 3.17) містить три пункти, підпункти яких представлені на рис. 3.22, 3.23, 3.24.

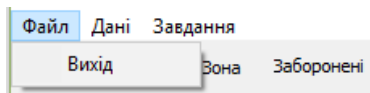


Рисунок 3.22 – Підпункти меню "Файл"

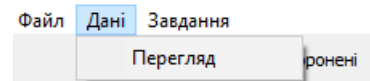


Рисунок 3.23 – Підпункти меню "Дані"

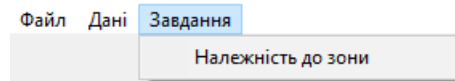


Рисунок 3.24 – Підпункти меню "Завдання"

Підпункт Файл → Вихід (рис. 3.22) призначений для закриття форми.

Підпункт Дані → Перегляд (рис. 3.23) призначений для виклику вікна (рис. 3.25) перегляду даних попередніх розрахунків, що зберігаються на сервері. Кнопка з написом "Отримати дані з сервера" дозволяє при натисканні отримати / оновити дані про раніше вирішені завдання.

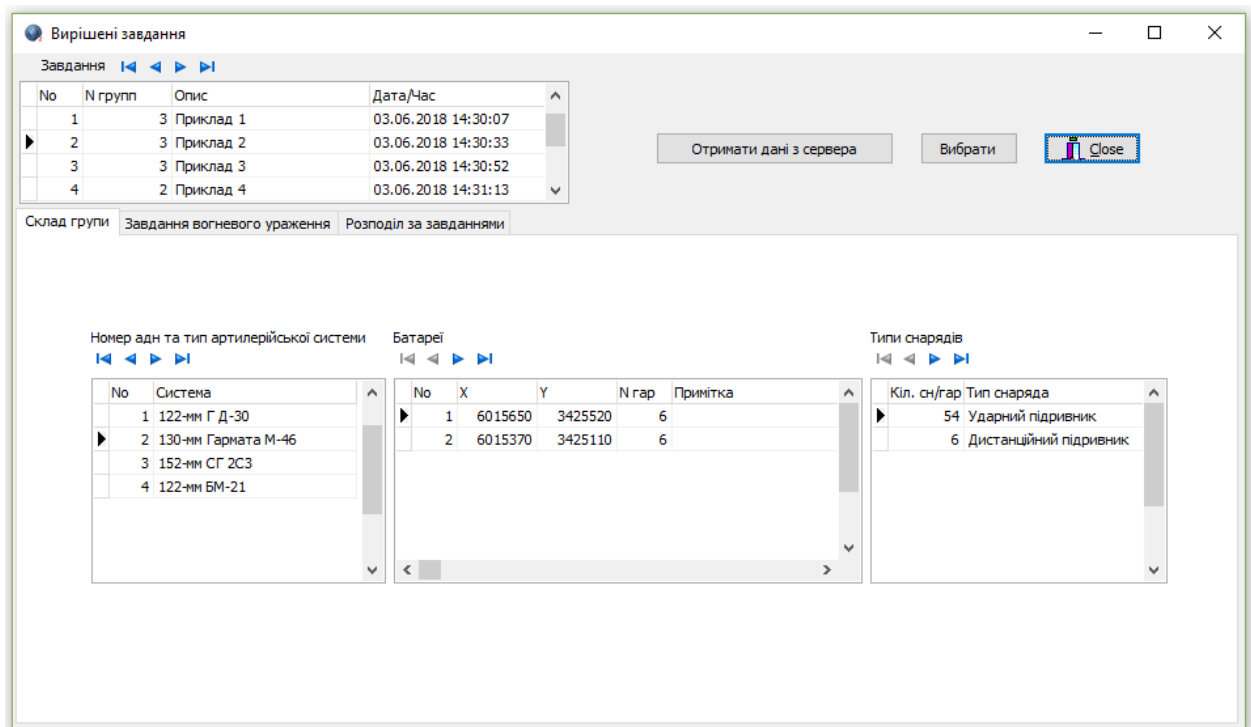


Рисунок 3.25 – Вікно "Вирішені завдання" з даними отриманими з сервера (варіант)

Підпункт Завдання → Належність зоні (рис. 3.24) призначений для виклику вікна (рис. 3.26) введення даних і вирішення задачі визначення належності точки до дозволеної зони (рис. 3.27).

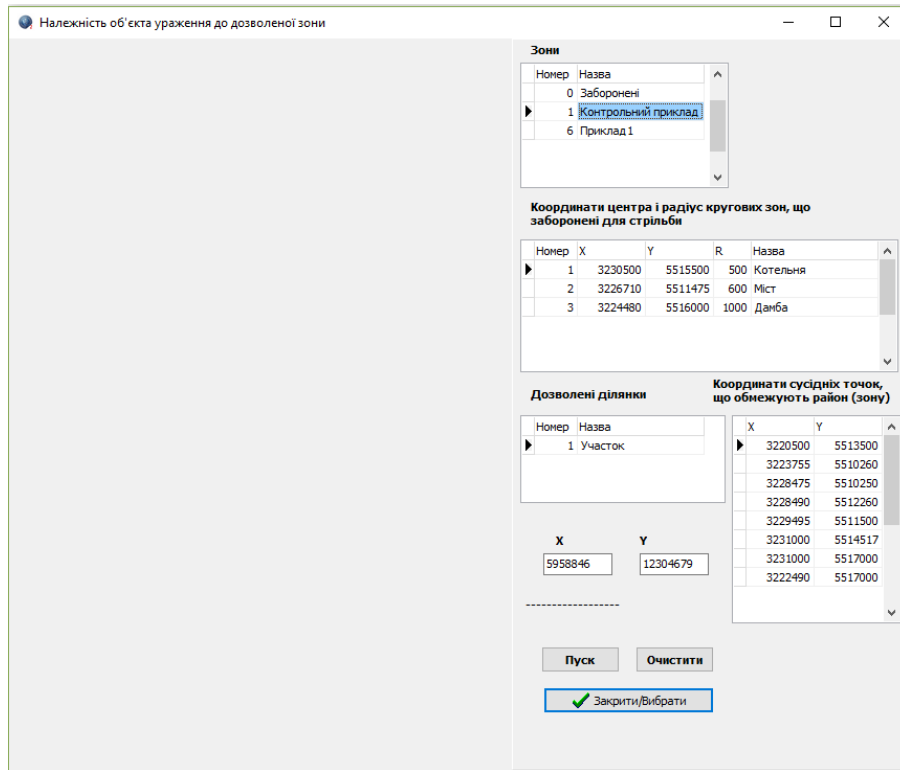


Рисунок 3.26 – Вікно "Належність об'єкта ураження до дозволеної зони"

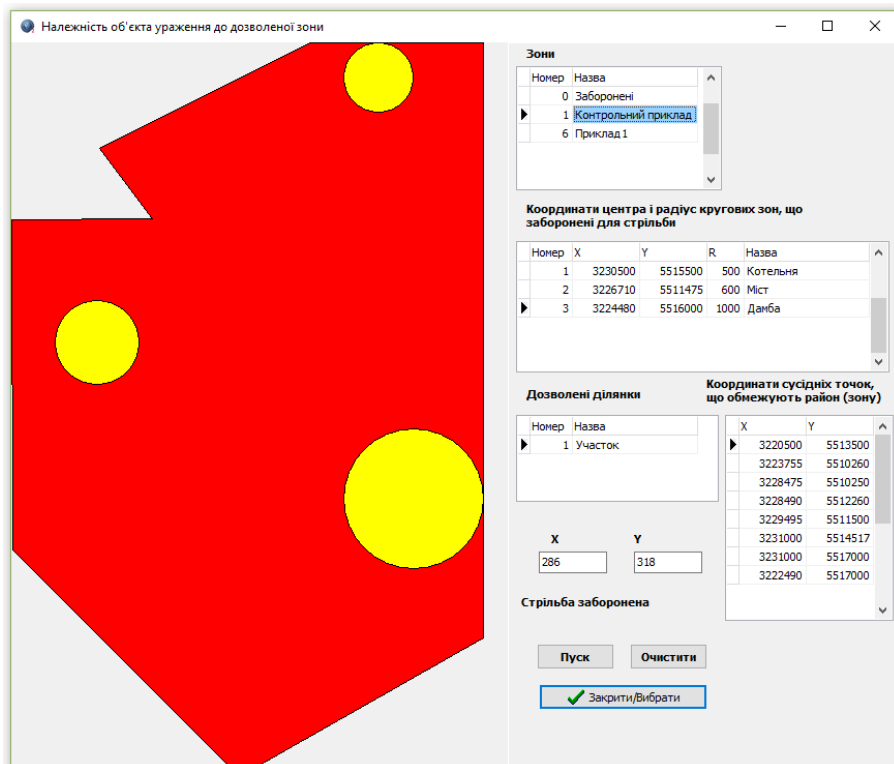


Рисунок 3.27 – Вікно "Належність об'єкта ураження до дозволеної зони"

(варіант)

Панель на рис. 3.28 містить елементи управління для введення інформації про зони, дозволені і заборонені для стрільби (рис. 3.29 – 3.31). А також дані про координати цілі (рис. 3.32).

Зони

Номер	Назва
0	Заборонені
1	Контрольний приклад
6	Приклад 1

Рисунок 3.28 – Таблиця з назвами зон

Координати центра і радіус кругових зон, що заборонені для стрільби

Номер	X	Y	R	Назва
1	3230500	5515500	500	Котельня
2	3226710	5511475	600	Міст
3	3224480	5516000	1000	Дамба

Рисунок 3.29 – Таблиця з круговими забороненими зонами

Дозволені ділянки

Номер	Назва
1	Ділянка 1

Рисунок 3.30 – Таблиця з назвами дозволених для стрільби ділянок

Координати сусідніх точок, що обмежують район (зону)		
X	Y	
3220500	5513500	
3223755	5510260	
3228475	5510250	
3228490	5512260	
3229495	5511500	
3231000	5514517	
3231000	5517000	
3222490	5517000	

Рисунок 3.31 – Таблиця з координатами вершин багатокутника, що обмежує зону, дозволена для стрільби

X	Y
286	318

Рисунок 3.32 – Дані про координати цілі

Якщо сукупність введених вихідних даних була правильна, то натиснути на кнопку "Пуск" (рис. 3.33). Щоб видалити зображення знаходиться на формі необхідно натиснути кнопку "Очистити" (рис. 3.34). Для виходу натиснути кнопку "Закрити / Вибрати" (рис. 3.35). Результат розрахунку виводиться на форму у вигляді напису "Стрільба дозволена" або "Стрільба заборонена" (рис. 3.36).



Рисунок 3.33 – Кнопка "Пуск"

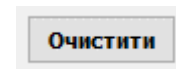


Рисунок 3.34 – Кнопка "Очистити"

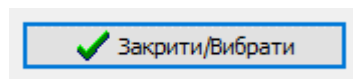


Рисунок 3.35 – Кнопка "Закрити/Вибрати"

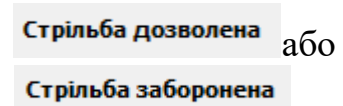


Рисунок 3.36 – Результати розрахунку

Поле введення "Максимальний час на поразку цілі" (рис. 3.37) призначений для введення даних про часовий інтервал максимального часу на поразку цілі.

Інформаційне поле "Час розрахунку, мс" (рис. 3.38) відображає час (в мілісекундах), витрачений на розрахунок задачі.

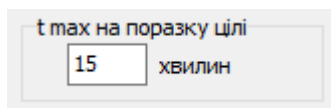


Рисунок 3.37 – "Максимальний час на поразку цілі"

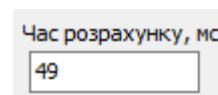


Рисунок 3.38 – Поле введення "Час розрахунку, мс"

Поле "Обмеження" (рис. 3.39) відображає прийняті обмеження на: максимальну кількість батарей одного калібру, батарей змішаних калібрів і кількість реактивних батарей.

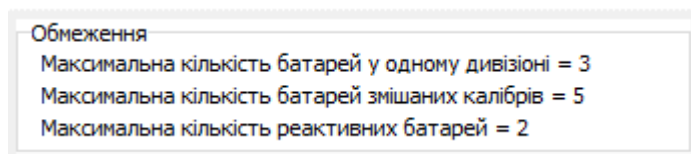


Рисунок 3.39 – Обмеження

Елемент типу DBGrid на панелі "Завдання" (рис. 3.40) дозволяє вибрати завдання зі списку наявних на сервері або створити нове, скориставшись кнопками (рис. 3.19, 3.20).

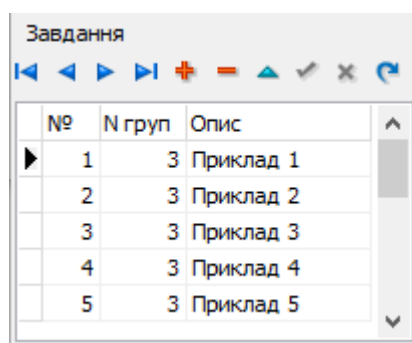


Рисунок 3.40 – Створення нового завдання (вибір завдання)

Закладка "Склад групи" (рис. 3.41) дозволяє в елементах типу DBGrid ввести дані про типи артилерійських систем (рис. 3.42), дані про координати батарей і кількість гармат в них (рис. 3.43), дані про типи використовуваних снарядів (рис. 3.44). Передбачена можливість вставити тип артилерійської системи зі списку пропонованих артилерійських систем (рис. 3.45), використовуючи кнопку вставки. А також вставити тип снаряда з довідника типу снарядів (рис. 3.46) використовуючи відповідну кнопку вставки. Кнопка "Перевірити списки систем" (рис. 3.47) – дозволяє перевірити правильність заповнення елемента типу DBGrid на панелі "Номер адн та тип артилерійської системи". Кнопка "Перевірити таблицю списку типів снарядів" (рис. 3.48) дозволяє перевірити правильність заповнення елемента типу DBGrid на панелі "Типи снарядів".

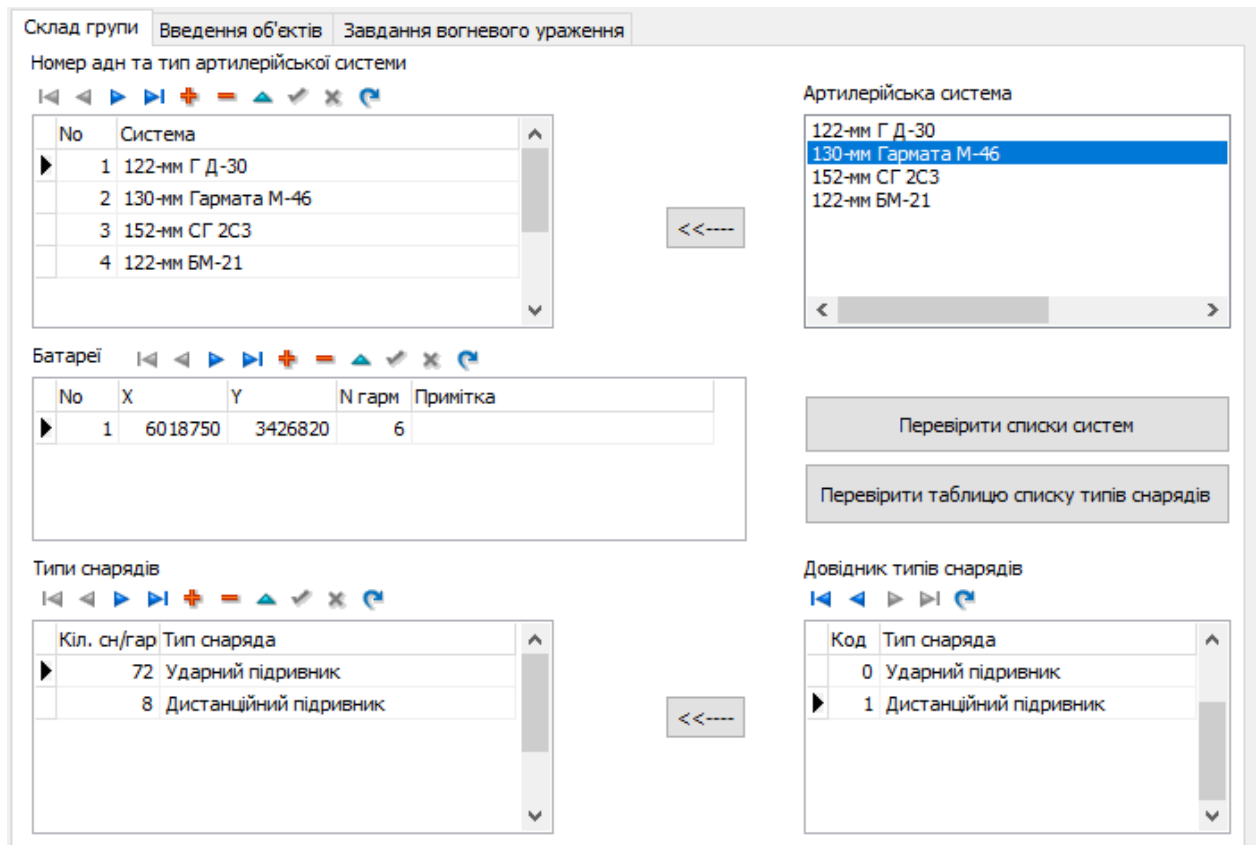


Рисунок 3.41 – Закладка "Склад групи"

Номер адн та тип артилерійської системи

No	Система
1	122-мм Г Д-30
2	130-мм Гармата М-46
3	152-мм СГ 2С3
4	122-мм БМ-21

Рисунок 3.42 – Дані про типи артилерійських систем

Батареї

No	X	Y	N гарм	Примітка
1	6015650	3425520	6	
2	6015370	3425110	6	

Рисунок 3.43 – Дані про батареї (варіант)

Типи снарядів

Кіл. сн/гар	Тип снаряда
54	Ударний підрильник
6	Дистанційний підрильник

Рисунок 3.44 – Дані про типи снарядів

Артилерійська система

122-мм Г Д-30
130-мм Гармата М-46
152-мм СГ 2С3
122-мм БМ-21

Рисунок 3.45 – Список "Артилерійська система"

Довідник типів снарядів

Код	Тип снаряда
0	Ударний підрильник
1	Дистанційний підрильник

Рисунок 3.46 – Список "Довідник типів снарядів"

Перевірити списки систем

Рисунок 3.47 – Кнопка "Перевірити списки систем"

Перевірити таблицю списку типів снарядів

Рисунок 3.48 – Кнопка "Перевірити таблицю списку типів снарядів"

Закладка "Введення об'єктів" (рис. 3.49) дозволяє сформувати список об'єктів в елементі типу DBGrid на панелі "Список об'єктів" (рис. 3.50).

Склад групи Введення об'єктів Завдання вогневого ураження

Список об'єктів

No	X	Y	Фронт	Глибина	Характер цілі
1	6032570	3425780	200	200	Вертольоти АА на посадкових майданчиках
2	6029050	3425700	200	200	Взвод (батарея) 203.2 мм СГ
3	6026800	3425550	350	200	Протитанковий взвод (ПУ ПТРК)
4	6031600	3427250	200	200	Взвод ЗРК (удосконалений Хок)

Перевірити список об'єктів

Дані про ціль

Група цілей: Тольова артилерія (самохідна)

Група важливості: 2

Номер цілі: 100

Список цілей:

- Взвод (батарея) 203.2 мм СГ
- Взвод (батарея) 155 мм СГ
- Мінометна рота 120, 106.7 мм СМ
- Протитанковий взвод (ПУ ПТРК)

Координати цілі

X = 0

Y = 0

Розміри цілі

Змінити

Фронт (м): 300

Глибина (м): 200

Далі

Рисунок 3.49 – Закладка "Введення об'єктів"

Список об'єктів

No	X	Y	Фронт	Глибина	Характер цілі
1	6032570	3425780	200	200	Вертольоти АА на посадкових майданчиках
2	6029050	3425700	200	200	Взвод (батарея) 203.2 мм СГ
3	6026800	3425550	350	200	Протитанковий взвод (ПУ ПТРК)
4	6031600	3427250	200	200	Взвод ЗРК (удосконалений Хок)

Рисунок 3.50 – Список об'єктів (варіант)

Закладка "Дані про ціль" (рис. 3.51) призначена для введення даних про ціль: список, що розкривається "Група цілей" (рис. 3.52) призначений для вибору групи цілі. Поле "Список цілей" (рис. 3.53) відображає список цілей з бази даних, що відповідає обраній групі цілі. Поля: "Група важливості" (рис. 3.54) застосовується для визначення групи важливості цілі; "Номер цілі" (рис. 3.55) зазначення номера цілі; "Координати цілі" (рис. 3.56) – введення координат X і Y цілі; "Розміри цілі" (рис. 3.57) введення розмірів фронту і глибини цілі в метрах; Кнопка "Далі" (рис. 3.58) дає можливість перейти на наступну закладку. Кнопка "Назад" (рис. 3.59) – дозволяє переміститися на попередню закладку.

Рисунок 3.51 – Закладка "Дані про ціль"

Рисунок 3.52 – Список "Група цілей"

Список цілей

Взвод (батарея) 203.2 мм СГ
Взвод (батарея) 155 мм СГ
Мінометна рота 120, 106.7 мм СМ
Протитанковий взвод (ПУ ПТРК)

Рисунок 3.53 – Поле "Список цілей"

Група важливості

Рисунок 3.54 – Номер групи важливості

Номер цілі

Рисунок 3.55 – Значення номера цілі

Координати цілі

X =

Y =

Рисунок 3.56 – Дані про координати цілі

Розміри цілі

Змінити

Фронт (м)

Глибина (м)

Рисунок 3.57 – Дані про розміри цілі

Рисунок 3.58 – Кнопка "Далі"

Рисунок 3.59 – Кнопка "Назад"

Закладка "Частка норми" (рис. 3.60) призначена для введення в поле величини частки норми (рис. 3.61).

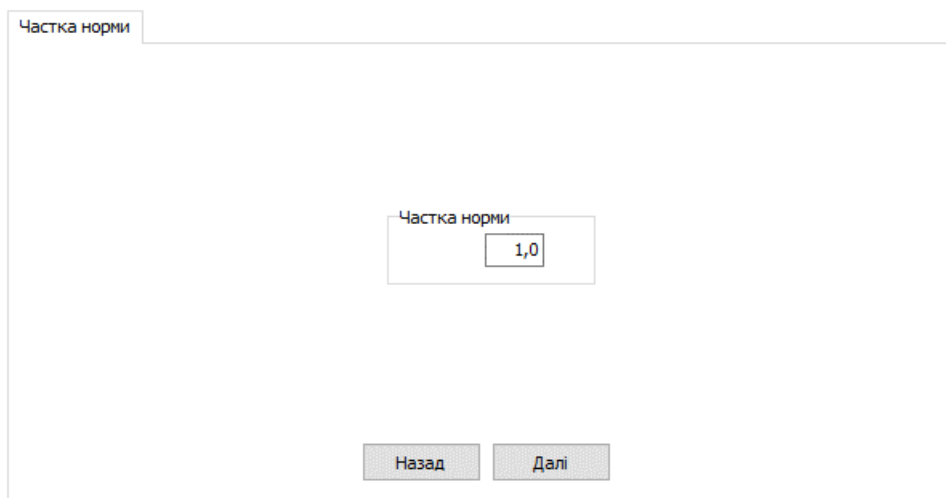


Рисунок 3.60 – Закладка "Частка норми"

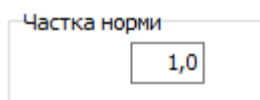


Рисунок 3.61 – Дані про частку норми

Закладка "Заданий рівень показника" (рис. 3.62) призначена для введення даних "Рівень ПЕС" (рис. 3.63) – введення рівня показника ефективності стрільби.

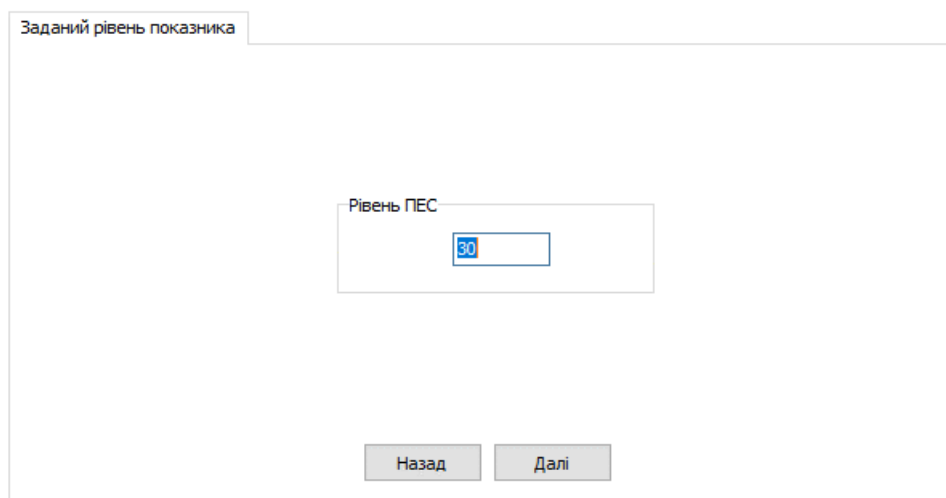


Рисунок 3.62 – Закладка "Заданий рівень показника"

Рівень ПЕС

30

Рисунок 3.63 – Дані про рівень показника ефективності стрільби

Закладка "Дані по об'єкту" (рис. 3.64) призначена для відображення введених раніше даних по об'єкту (рис. 3.65). Для зміни введених даних використовуються кнопки "Назад" і "Далі". Кнопка "Нова ціль" (рис. 3.68) дає можливість створити нову ціль, при цьому повертаючи на вкладку "Дані про цілі" (рис. 3.51). Кнопка "Перевірити список об'єктів" (рис. 3.69) – для перевірки списку об'єктів.

Дані по об'єкту

Група важливості = 2
 Номер цілі 103
 Група цілей Польова артилерія (самохідна)
 Взвод (батарея) 203.2 мм СГ
 X = 6032570
 Y = 3426265
 Фронт (м) 300
 Глибина (м) 200
 Частка норми = 1,0
 Рівень ПЕС = 30

Додати ціль Замінити ціль

Назад Нова ціль

Рисунок 3.64 – Закладка "Дані по об'єкту"

Група важливості = 2
 Номер цілі 103
 Група цілей Польова артилерія (самохідна)
 Взвод (батарея) 203.2 мм СГ
 X = 6032570
 Y = 3426265
 Фронт (м) 300
 Глибина (м) 200
 Частка норми = 1,0
 Рівень ПЕС = 30

Рисунок 3.65 – Відображення введення даних по об'єкту

Нова ціль

Перевірити
список
об'єктів

Рисунок 3.66 – Кнопка "Нова ціль"

Рисунок 3.67 – "Перевірити список об'єктів"

Закладка "Завдання вогневого ураження" (рис. 3.68) дозволяє в елементах типу DBGrid сформувати список завдань (рис. 3.69) і об'єктів для планування за кожним завданням (рис. 3.70). За допомогою кнопок "Додати об'єкт" і "Видалити об'єкт" здійснюється вставка або видалення даних для списку "Об'єкти для планування" з використанням списку "Список об'єктів" (рис. 3.71). Кнопка "Перевірити дані по завданнях" (рис. 3.72) – дозволяє перевірити правильність заповнення списків.

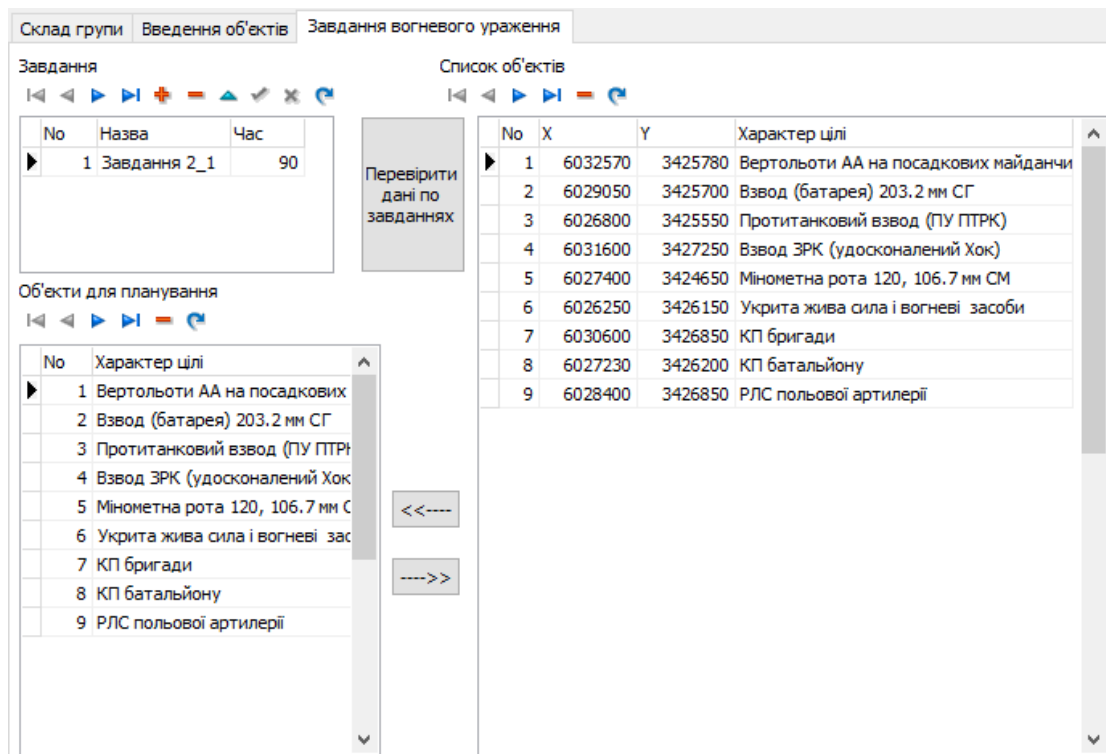



Рисунок 3.68 – Закладка "Завдання вогневого ураження" (варіант)


Завдання



No	Назва	Час
1	Завдання 2_1	90
2	Завдання 2_2	45

Рисунок 3.69 – Список "Завдання" (варіант)


Об'єкти для планування



No	Характер цілі
1	Вертольоти АА на посадкових
2	Взвод (батарея) 203.2 мм СГ
3	Протитанковий взвод (ПУ ПТРК)
4	Взвод ЗРК (удосконалений Хок)
5	Мінометна рота 120, 106.7 мм С
6	Укрита жива сила і вогневі зас
7	КП бригади
8	КП батальйону
9	РЛС польової артилерії

Рисунок 3.70 – Список "Об'єкти для планування" (варіант)

Список об'єктів



No	X	Y	Характер цілі
1	6032570	3425780	Вертольоти АА на посадкових майданчи
2	6029050	3425700	Взвод (батарея) 203.2 мм СГ
3	6026800	3425550	Протитанковий взвод (ПУ ПТРК)
4	6031600	3427250	Взвод ЗРК (удосконалений Хок)
5	6027400	3424650	Мінометна рота 120, 106.7 мм СМ
6	6026250	3426150	Укрита жива сила і вогневі засоби
7	6030600	3426850	КП бригади
8	6027230	3426200	КП батальйону
9	6028400	3426850	РЛС польової артилерії

Рисунок 3.71 – Список "Список об'єктів"

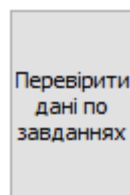


Рисунок 3.72 – Кнопка "Перевірити дані по завданнях"

Поле "Розрахунковий боєприпас" (рис. 3.73) призначений для вибору радіокнопками еталонної системи (рис. 3.74), виду бойових дій (рис. 3.75), вибору з'єднання або частини (рис. 3.76). Кнопка "Розрахунок еталону" (рис. 3.77) – запускає процес розрахунку еталонного боєприпасу, результати якого відображаються (рис. 3.78).

Рисунок 3.73 – Поле
"Розрахунковий боєприпас"

Рисунок 3.74 – Радіокнопки
"Вкажіть еталонну систему"

Рисунок 3.75 – Радіокнопки "Вибір
виду бойових дій"

Рисунок 3.76 – Радіокнопки " Вибір
з'єднання чи частини "

Рисунок 3.77 – Кнопка "Розрахунок еталону"

Еталон не розрахований

а)

Еталон: 152-мм СГ 2С3
дії: Наступ
Полк

б)

Рисунок 3.78 – Результати розрахунку еталону:

а) до розрахунку; б) після розрахунку (варіант)

На головній формі знаходиться кнопка з написом "Старт" при натисканні на яку запускається алгоритм вирішення задачі.

Результат вирішення відобразиться на формі "Вирішені завдання" (рис. 3.79). Відображені дані відповідають виділеній в списку (рис. 3.80) завдань. Закладка "Розподіл за завданнями" (рис. 3.81) відображає завдання (рис. 3.82), цілі, які прийняті для поразки для кожного виділеного завдання (рис. 3.83) і для кожної цілі залучаються системи (рис. 3.84) і витрата снарядів по зазначеній батареї, що залучається (рис. 3.85).

Вирішені завдання

No	N груп	Опис	Дата/Час
2	3	Приклад 2	03.06.2018 14:30:33
3	3	Приклад 3	03.06.2018 14:30:52
4	2	Приклад 4	03.06.2018 14:31:13
5	2	Приклад 5	03.06.2018 14:31:31

Завдання

No	Назва	Час	Помилка
1	Завдання 5_1	90	Помилка немає.

Цілі, прийняті до поразки

No	Характер цілі	Гр важл	Коєф важл	Тип снаряда	ПЕС необ	ПЕС досяг	Вогн. нальоти
4	Взвод ЗРК (удосконалений Хок)	3	0,80	Ударний підривник	0,10	0,41	1
2	Взвод (батарея) 203.2 мм СГ	1	1,00	Ударний підривник	0,10	0,11	1
7	КП бригади	3	0,60	Дистанційний підривник	0,10	0,40	1
5	Мінометна рота 120, 106.7 мм СМ	1	0,20	Дистанційний підривник	0,10	0,12	2
8	КП батальйону	3	0,20	Ударний підривник	0,15	0,17	3
1	Вертольоти АА на посадкових майданчиках	3	0,20	Дистанційний підривник	0,20	0,23	4
6	Укрита жива сила і вогневі засоби	2	0,10	Ударний підривник	0,07	0,07	5

Залучені дивізіони

No	Система
1	122-мм Г Д-30
2	130-мм Гармата М-46

Залучені батареї

No	Витрата
1	22

Рисунок 3.79 – Форма "Вирішені завдання"

Завдання |<< < > >>|

No	N групп	Опис	Дата/Час
2	3	Приклад 2	03.06.2018 14:30:33
3	3	Приклад 3	03.06.2018 14:30:52
4	2	Приклад 4	03.06.2018 14:31:13
5	2	Приклад 5	03.06.2018 14:31:31

Рисунок 3.80 – Список "Завдання"

Склад групи | Завдання вогневого ураження | Розподіл за завданнями

Завдання |<< < > >>|

No	Назва	Час	Помилка
1	Завдання 5_1	90	Помилка немає.

Цілі, прийняті до поразки |<< < > >>|

No	Характер цілі	Гр важл	Коеф важл	Тип снаряда	ПЕС необ	ПЕС досяг	Вогн. нальоти
4	Взвод ЗРК (удосконалений Хок)	3	0,80	Ударний підривник	0,10	0,41	1
2	Взвод (батарея) 203.2 мм СГ	1	1,00	Ударний підривник	0,10	0,11	1
7	КП бригади	3	0,60	Дистанційний підривник	0,10	0,40	1
5	Мінометна рота 120, 106.7 мм СМ	1	0,20	Дистанційний підривник	0,10	0,12	2
8	КП батальйону	3	0,20	Ударний підривник	0,15	0,17	3
1	Вертольоти АА на посадкових майданчиках	3	0,20	Дистанційний підривник	0,20	0,23	4
6	Укрита жива сила і вогневі засоби	2	0,10	Ударний підривник	0,07	0,07	5

Залучені дивізіони |<< < > >>|

No	Система
1	122-мм Г Д-30
2	130-мм Гармата М-46

Залучені батареї |<< < > >>|

No	Витрата
1	22

Рисунок 3.81 – Закладка "Розподіл по завданням"

Завдання |<< < > >>|

No	Назва	Час	Помилка
1	Завдання 2_1	90	Помилка немає.

Рисунок 3.82 – Список "Завдання"

Цілі, прийняті до поразки |<< < > >>|

No	Характер цілі	Гр важл	Коеф важл	Тип снаряда	ПЕС необ	ПЕС досяг	Вогн. нальоти
4	Взвод ЗРК (удосконалений Хок)	3	0,80	Ударний підривник	0,10	0,41	1
2	Взвод (батарея) 203.2 мм СГ	1	1,00	Ударний підривник	0,10	0,11	1
7	КП бригади	3	0,60	Дистанційний підривник	0,10	0,40	1
5	Мінометна рота 120, 106.7 мм СМ	1	0,20	Дистанційний підривник	0,10	0,12	2
8	КП батальйону	3	0,20	Ударний підривник	0,15	0,17	3
1	Вертольоти АА на посадкових майданчиках	3	0,20	Дистанційний підривник	0,20	0,23	4
6	Укрита жива сила і вогневі засоби	2	0,10	Ударний підривник	0,07	0,07	5

Рисунок 3.83 – Список "Цілі, прийняті до поразки"

Залучені дивізії

No	Система
1	122-мм Г Д-30
2	130-мм Гармата М-46

Рисунок 3.84 – Список "Залучені дивізії"

Залучені батареї

No	Витрата
1	22
2	22

Рисунок 3.85 – Список "Залучені батареї"

Закладка "Завдання вогневого ураження" (рис. 3.86) відображає обсяг вогневих завдань самі завдання (рис. 3.87) і об'єкти для планування (рис. 3.88) і список об'єктів (рис. 3.89).

Склад групи Завдання вогневого ураження Розподіл за завданнями

Обсяг вогневих завдань

No	Назва	Час
1	Завдання 5_1	90

Завдання

Об'єкти для планування

No	Характер цілі
1	Вертольоти АА на поса...
2	Взвод (батарея) 203.2...
3	Протитанковий взвод (...)
4	Взвод ЗРК (удосконале...
5	Мінометна рота 120, 10...
6	Укрита жива сила і вогн...
7	КП бригади
8	КП батальйону
9	РЛС польової артилерії

Список об'єктів

No	X	Y	Фронт	Глибина	Характер цілі
1	6032570	3425780	200	200	Вертольоти АА на посадкових майданчиках
2	6029050	3425700	200	200	Взвод (батарея) 203.2 мм СГ
3	6026800	3425550	350	200	Протитанковий взвод (ПУ ПТРК)
4	6027050	3426250	200	200	Взвод ЗРК (удосконалений Хок)
5	6026400	3424650	150	100	Мінометна рота 120, 106.7 мм СМ
6	6026250	3426150	300	200	Укрита жива сила і вогневі засоби
7	6030600	3426850	350	200	КП бригади
8	6027230	3426200	200	150	КП батальйону
9	6026600	3425850	100	50	РЛС польової артилерії

Рисунок 3.86 – Закладка "Завдання вогневого ураження"

Завдання

◀ ◀ ▶ ▶

No	Назва	Час
▶ 1	Завдання 5_1	90

Рисунок 3.87 – Список "Завдання"

Об'єкти для планування

◀ ◀ ▶ ▶

No	Характер цілі
▶ 1	Вертольоти АА на поса,
2	Взвод (батарея) 203.2 м
3	Протитанковий взвод (
4	Взвод ЗРК (удосконале
5	Мінометна рота 120, 10
6	Укрита жива сила і вогн
7	КП бригади
8	КП батальйону
9	РЛС польової артилерії

Рисунок 3.88 – Список "Об'єкти планування"

Список об'єктів

◀ ◀ ▶ ▶

No	X	Y	Фронт	Глибина	Характер цілі
▶ 1	6032570	3425780	200	200	Вертольоти АА на посадкових майданчиках
2	6029050	3425700	200	200	Взвод (батарея) 203.2 мм СГ
3	6026800	3425550	350	200	Протитанковий взвод (ПУ ПТРК)
4	6027050	3426250	200	200	Взвод ЗРК (удосконалений Хок)
5	6026400	3424650	150	100	Мінометна рота 120, 106.7 мм СМ
6	6026250	3426150	300	200	Укрита жива сила і вогневі засоби
7	6030600	3426850	350	200	КП бригади
8	6027230	3426200	200	150	КП батальйону
9	6026600	3425850	100	50	РЛС польової артилерії

Рисунок 3.89 – Список "Список об'єктів"

Закладка "Склад групи" (рис. 3.90) відображає тип артилерійської системи (рис. 3.91) і дані про батареї, що входять (рис. 3.92), а також кількість і типи снарядів для кожної батареї (рис. 3.93).

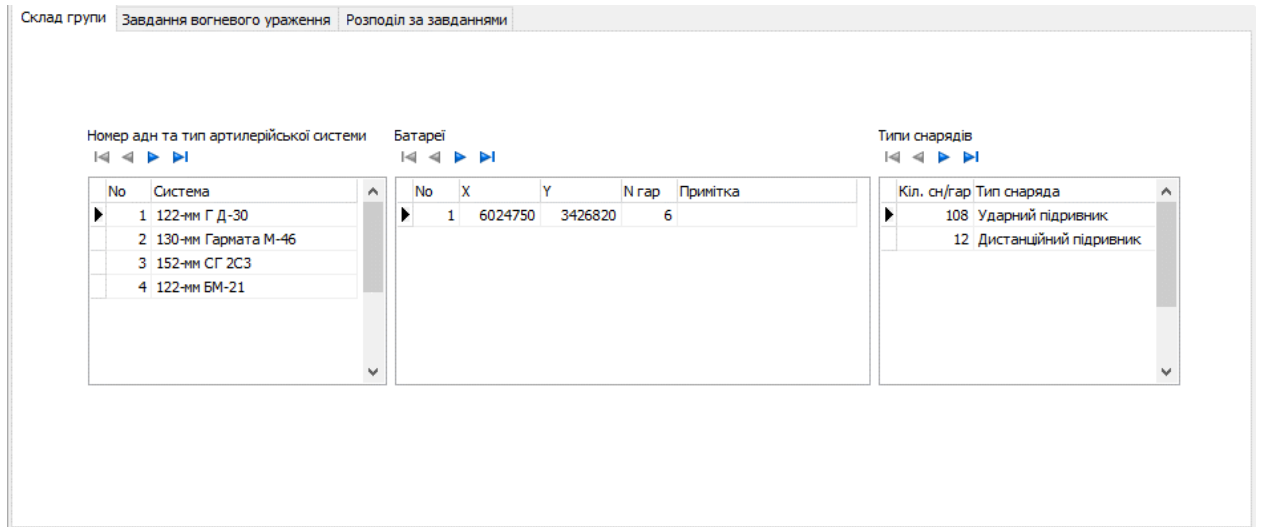


Рисунок 3.90 – Закладка "Склад групи"

Номер адн та тип артилерійської системи



No	Система
1	122-мм Г Д-30
2	130-мм Гармата М-46
3	152-мм СГ 2С3
4	122-мм БМ-21

Рисунок 3.91 – Список "Номер адн та тип артилерійської системи"

Батареї



No	X	Y	N гар	Примітка
1	6021650	3425520	6	
2	6021370	3425110	6	

Рисунок 3.92 – Список "Батареї"

Типи снарядів

◀ ◁ ▷ ▶

Кіл. сн/гар	Тип снаряда
108	Ударний підрильник
12	Дистанційний підрильник

Рисунок 3.93 – Список "Типи снарядів"

Також на формі "Вирішені завдання" розміщено ряд кнопок: "Отримати дані з сервера" для поновлення (отримання) даних з сервера; "Вибрати" – для вибору наявної завдання для повторного розрахунку або для внесення змін (при зміні завдання необхідно перейменувати). При натисканні на кнопку "Вибрати" здійснюється закриття вікна і повернення в головне вікно програми; "Закрити" – закриває форму "Вирішені завдання".

При роботі програми можливе відкриття стандартних вікон WinAPI з повідомленням про помилку (рис. 3.94).

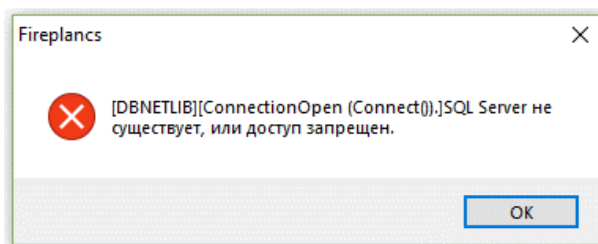


Рисунок 3.94 – Вікно з повідомленням про помилку (варіант)

Перед виконанням критичних операцій, пов'язаних з видаленням даних, у вікні відображення результатів розрахунку, відкривається стандартне вікно (рис. 3.95) WinAPI для підтвердження дій користувача. А також видаються повідомлення перевірки дій користувача (рис. 3.96).

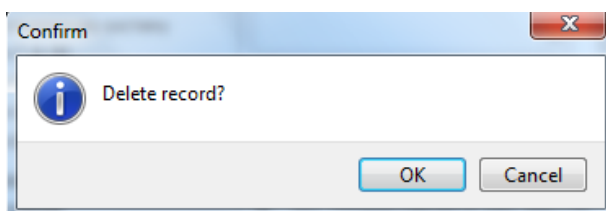


Рисунок 3.96 – Вікно підтвердження дій користувача (варіант)

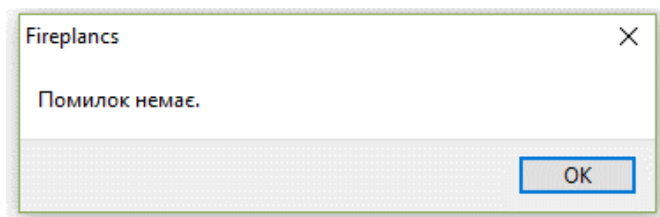


Рисунок 3.97 – вікно перевірки дій користувача (варіанти)

3.4 Повідомлення

У процесі роботи програми можлива поява наступних повідомлень.


Якщо сукупність вхідних даних для розрахункової частини програми привели до неможливості виконання обчислень, то генеруються помилки, що відображаються у вигляді повідомлень програми. Повні коди помилок і їх смислова розшифрування наведені в табл. Г.1 додатку Г до пояснювальної записки.

3.5 Рекомендований порядок дій при роботі з програмним забезпеченням

3.5.1 Порядок дій

Після того, як користувач виконав дії, описані в п.3.4.1 програма перейде в стан готовності для проведення розрахунку. Для переходу на форму (рис. 21) для вирішення задачі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону необхідно на головній формі (рис.20) програми натиснути кнопку «Планування вогню».

Черговість проведення необхідних операцій викладена в підпунктах, перерахованих нижче.

- a) За допомогою пункту головного меню Завдання → Належність до зонт (рис. 3.24) або швидкої кнопки  (рис. 3.18) необхідно відкрити форму "Належність об'єкта поразки до дозволеної зони" (рис. 3.26).
- b) Якщо на елементах управління форми (рис. 3.28 – 3.32) немає координат точок дозволеної зони для стрільби, то їх необхідно ввести за допомогою цих же елементів. У разі якщо зона вже введена необхідно на елементах форми вибрати її. Після цього натиснути кнопку "Закрити / Вибрати" і повернутися на головну форму вирішення задачі.
- c) Переключитися на закладку "Склад дивізіону" (рис. 3.41) використовуючи список "Артилерійська система" (рис. 3.45) і кнопку керування списком заповнити список "Типи артилерійських систем" (рис. 3.42). При заповненні списку "Типи артилерійських систем" дозволяється вставка одного типу системи тільки один раз.
- d) Кожний запис, що вводиться необхідно зберегти, натиснувши кнопку "Зберегти зміни" (рис. 3.20). Додавання нового запису виконати використовуючи кнопку "Вставити запис" (рис. 3.20). Аналогічним чином заповнити списки (рис. 3.43) і (рис. 3.44). Перевірити вірність заповнень списків, використовуючи кнопки (рис. 3.47, 3.48). При заповненні списку "Типи снарядів" при вибраній системі "122-мм БМ-21" для заповнення вибирати тільки тип снаряда "Ударний підрильник".
- e) На закладці "Введення об'єктів" (рис. 3.49) формуємо список об'єктів послідовно заповнюючи вкладку (рис. 3.51) вводимо інформацію по кожній цілі: зі списку цілей (рис. 3.52, 3.53) вибираємо ціль; вводимо номер групи важливості (рис. 3.54); вказуємо значення номера цілі (рис. 3.55); вводимо координати цілі (рис. 3.56); заповнюємо дані про розміри цілі (рис. 3.57). По кожній цілі її типові розміри беруться з бази даних і при необхідності для їх зміни необхідно

активувати «прапорець» "Змінити" і змінити значення даних "Фронт" і "Глибина". Потім натиснути на кнопку "Далі" (рис. 3.58), програма відобразить закладку "Частка норми". Заповнюючи закладку (рис. 3.60) ввести дані про частку норми (рис. 3.61). Потім натиснути кнопку "Далі" або "Назад" (рис. 3.58, 3.59), програма відобразить закладку "Заданий рівень показника". Заповнюючи закладку (рис. 3.62) ввести дані про рівень показника ефективності стрільби (рис. 3.63). Потім натиснути кнопку "Далі" або "Назад" (рис. 3.58, 3.59), програма відобразить закладку "Дані по об'єкту". Перевіряємо введені дані на закладці (рис. 3.64). Вносимо інформацію в базу даних натисканням на кнопку "Додати ціль". При необхідності використовуємо кнопки (рис. 3.59, 3.66). Після заповнення всього списку об'єктів перевіряємо його правильність, натиснувши на кнопку (рис. 3.67).

- f) На закладці "Завдання вогневого ураження" (рис. 3.68) ввести номер завдання, його назву та час (рис. 3.69), який повинен перевищувати максимальний час ураження (рис. 3.37). Переключившись з допомогою кнопок (рис. 3.20) активувати пов'язану таблицю (рис. 3.70). За допомогою кнопок керування списком заповнити список (рис. 3.70). Кнопка (рис. 3.72) виконає перевірку даних за завданнями.
- g) На панелі (рис. 3.73) перемкнути радіокнопки (рис. 3.74 – 3.76), здійснивши вибір еталонної системи, виду бойових дій, вибір з'єднання або частини. Потім натиснути на кнопку "Розрахунок еталону" (рис. 3.77), програма відобразить результати розрахунку еталона (рис. 3.78).
- h) Якщо дані введені правильно, натиснути кнопку "Старт".
- i) По завершенню розрахунку його результати відображаються в окремому вікні "Вирішені завдання" (рис. 3.79). Виберіть "Склад дивізіону" (рис. 3.90 – 3.93) і "Завдання вогневого ураження" (рис. 3.86 – 3.89) повторюють внесену в базу даних інформацію з умов розрахункової задачі. На вкладці "Розподіл за завданнями" (рис. 3.81) до відповідних списків (рис. 3.82 – 3.85) виводяться дані

рішення: завдання, цілі залучаються системи, які залучаються батареї і витрата снарядів.

- ж) Передбачена можливість отримати дані з сервера (рис. 3.94). При натисканні на кнопку "Вибрати" (рис. 3.95) з сервера буде завантажена раніше вирішена задача. При внесенні змін до неї необхідно перейменувати номер завдання і опис (рис. 3.40).

3.5.2 Робота з результатами розрахунків

Можливості програми дозволяють видаляти, раніше отримані результати; переглядати результати розрахунків, що зберігаються у базі даних; використовувати вхідні дані раніше отриманих результатів для повторних розрахунків. Детальніше ці можливості викладені нижче:

- а) У таблиці виведення результатів (рис. 3.79) можна здійснювати навігацію за допомогою клавіш управління курсором і маніпулятором типу миша. Програма не надає можливість видалити обраний рядок в цій таблиці. Для цього необхідно вибрати цю задачу та натиснути на кнопку, показану на рис.3.95.
- б) Для перегляду результату розрахунків, що зберігаються на віддаленому сервері слід скористатися пунктом головного меню, що зазначене на рис. 3.23. При натисканні на пункт Дані → Перегляд відкриється вікно "Вирішені задачі" (рис. 3.79). Для отримання даних необхідно натиснути кнопку "Отримати дані з сервера". Після виконання відповідного SQL запиту дані отримані з сервера відобразяться наступним чином (рис. 3.25).
- с) У таблиці, що розміщена на формі "Вирішені задачі" (рис.3.72), можна здійснювати навігацію за допомогою клавіш управління курсором, і маніпулятором типу миша. Програма надає можливість вибору для повторного рішення раніше використаних даних. Для цього необхідно виділити рядок з необхідними даними і натиснути на кнопку "Вибрати" (рис.3.95).
- д) Для перегляду оновлених даних необхідно повторне натискання кнопки "Отримати дані з сервера" (рис. 3.94).

е) Натискання кнопки "Закрити" (рис. 3.96) на формі "Вирішені задачі" (рис. 3.79) призводить до закриття вікна. При цьому обрані дані не будуть завантажені в елементи управління на головній формі задачі.

3.6 Завершення роботи програми

Для завершення роботи програми користувачеві необхідно скористатися стандартним елементом Windows управління віконної форми "Закрити".

Робота програми організована таким чином, що при її завершенні відбувається автоматичне від'єднання від сервера баз даних, тому додаткових дій користувачеві проводити не треба.

3.7 Висновки за розділом 3

В розділі приведена основна інформація щодо функціонування програмного забезпечення для задачі оптимального планування вогню. Проілюстрований порядок дій при роботі з програмою дозволяє зробити висновок щодо повноти реалізації поставленої мети дослідження.

Результати перевірки за призначенням моделі оптимального для заданих умов планування вогню артилерійського дивізіону підтверджують адекватність розроблених моделей та алгоритмів, що підтверджується відповідними актами, наведеними у додатках Д, Е та Ж. Результати дослідження апробовані на науково-практичній конференції [24] та захищені свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір - комп'ютерну програму (додаток З)

ВИСНОВКИ

У результаті виконання роботи розроблено та створено програмно-розрахункову систему планування вогневого ураження артилерійським дивізіоном, використовуючи математичних моделі, програмні алгоритми для планування вогню та розподілу завдань між підрозділами; розрахунку ефективності виконання окремого вогневого завдання; розрахунку витрат боєприпасів і кількості залучених підрозділів, визначення положення цілей у дозволеній зоні. Проведені тестування роботи системи на перевірочному стенді та проаналізовані результати визначення ефективності виконання окремого бойового завдання, розрахунку витрати боєприпасів і кількості залучених батарей до ведення вогню з урахуванням вимог до часу розрахунків системи.

Основними результатами виконання кваліфікаційної роботи є:

1. Розроблені математичні моделі планування вогню та розподілу завдань між підрозділами з урахуванням важливості цілей, ефективності стрільби, задач ураження, порядку виконання вогневих завдань, витрати боєприпасів; розрахунку ефективності виконання окремого вогневого завдання з урахуванням щільності вогню, своєчасності відкриття вогню, важливості цілі; розрахунку витрат боєприпасів і кількості залучених підрозділів, з урахуванням ступеню ураження цілі артилерійським підрозділом; визначення положення цілей у дозволеній зоні.

2. Розроблені програмні алгоритми для планування вогню та розподілу завдань між підрозділами; для розрахунку ефективності виконання окремого вогневого завдання; для розрахунку витрат боєприпасів і кількості залучених підрозділів; для визначення положення цілей у дозволеній зоні.

3. Проведено синтез трьох структур баз даних для зберігання: константних даних таблиць, що використовуються для розрахункової частини програм; результатів роботи розрахункового алгоритму розрахунку витрати боєприпасів і кількості залучених батарей до ведення вогню з урахуванням ступеня ураження

цілі артилерійським дивізіоном.

4. Для кожної бази даних розроблені SQL запити створення, правила кодування даних та процедури, що зберігаються безпосередньо в базах даних.

5. Спроектовано та створено стенд для проведення перевірки програмного забезпечення, котрий складається з двох апаратних частин: ПОЕМ оператора та ПОЕМ розробника, встановлене та налаштоване програмне забезпечення для проведення тестування.

6. Розроблені умови та обмеження перевірки, заходи щодо підготовки до перевірки та методи проведення перевірки програмного забезпечення програмно-розрахункової системи за призначенням з контрольними задачами для кожної з чотирьох підсистем.

7. Доопрацьоване та протестоване на контрольних прикладах програмне забезпечення для планування вогню та розподілу завдань між артилерійськими підрозділами.

8. Виготовлено і випробувано дослідний зразок програмного забезпечення для оптимального планування вогню та розподілу завдань між артилерійськими підрозділами та введено його у дослідну експлуатацію.

Результати дослідження доповідались на Міжнародній науково-технічній конференції «Застосування Сухопутних військ Збройних Сил України у конфліктах сучасності».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

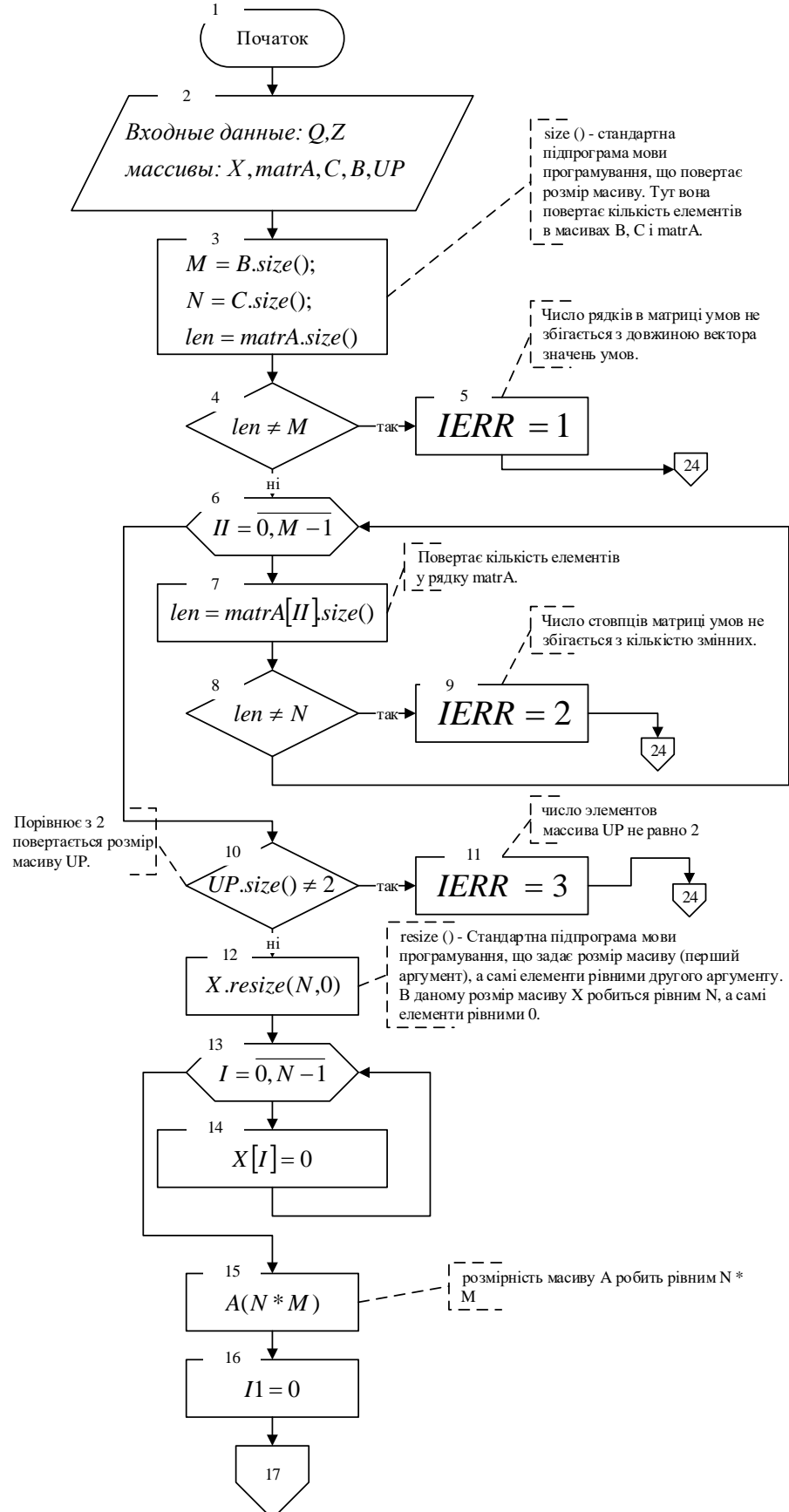
1. Про затвердження переліку найважливіших науково-технічних (експериментальних) розробок за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки в рамках виконання державного замовлення на найважливіші науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію у 2017-2018 роках: розпорядження Кабінету Міністрів України від 13.09.2017 № 669-р. Київ [Електронний ресурс].- Режим доступу з екрану: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/669-2017-%D1%80#Text>.
2. Грицай М.П. Теоретичні основи стрільби на поразку неспостережних цілей/ М.П. Грицай, В.О. Колесніков, В.О. Мазуренко, П.В. Полениця, М.М. Ляпа, Р.М. Григоренко// Суми: "Козацький вал", 2004. – 440 с.
3. Петренко В.М. Стрільба артилерії: підручник / В.М. Петренко, В.Є. Житник, В.І. Макеєв, Ю.Є. Репіло, О.П. Мешков//Суми : Сумський державний університет, 2012. – 757 с.
4. Руденко П.Й. Правила стрільби і управління вогнем наземної артилерії. Група, дивізіон, батарея, взвод, гармата/Руденко П.Й. та ін. під заг. ред. В.М. Рябокони// М-во оборони України, Управління ракетних військ і артилерії, Сумський державний університет Київ: Суми, 2008. – 254 с.
5. Петренко В.М. Блокнот зі стрільби і управління вогнем артилерії: навч. посіб. / В.М. Петренко, М.М. Ляпа, В.Є. Житник та ін.// Суми: СумДУ, 2017. - 311 с.
6. Стужук П.И. Артиллерийская разведка в особых условиях боя (операции)/ П.И. Стужук// Киев: НАОУ. 2002. – 63 с.
7. Мазуренко В.О. Теоретические основы стрельбы на поражение ненаблюдаемых целей/ В.О. Мазуренко та ін. // Сумы: "Казацкий вал". 2004. – 440 с.
8. Бобриков А.А. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии/А.А. Бобриков и др.// С-Пб.: "Галлея Принт", 2006. –424 с.

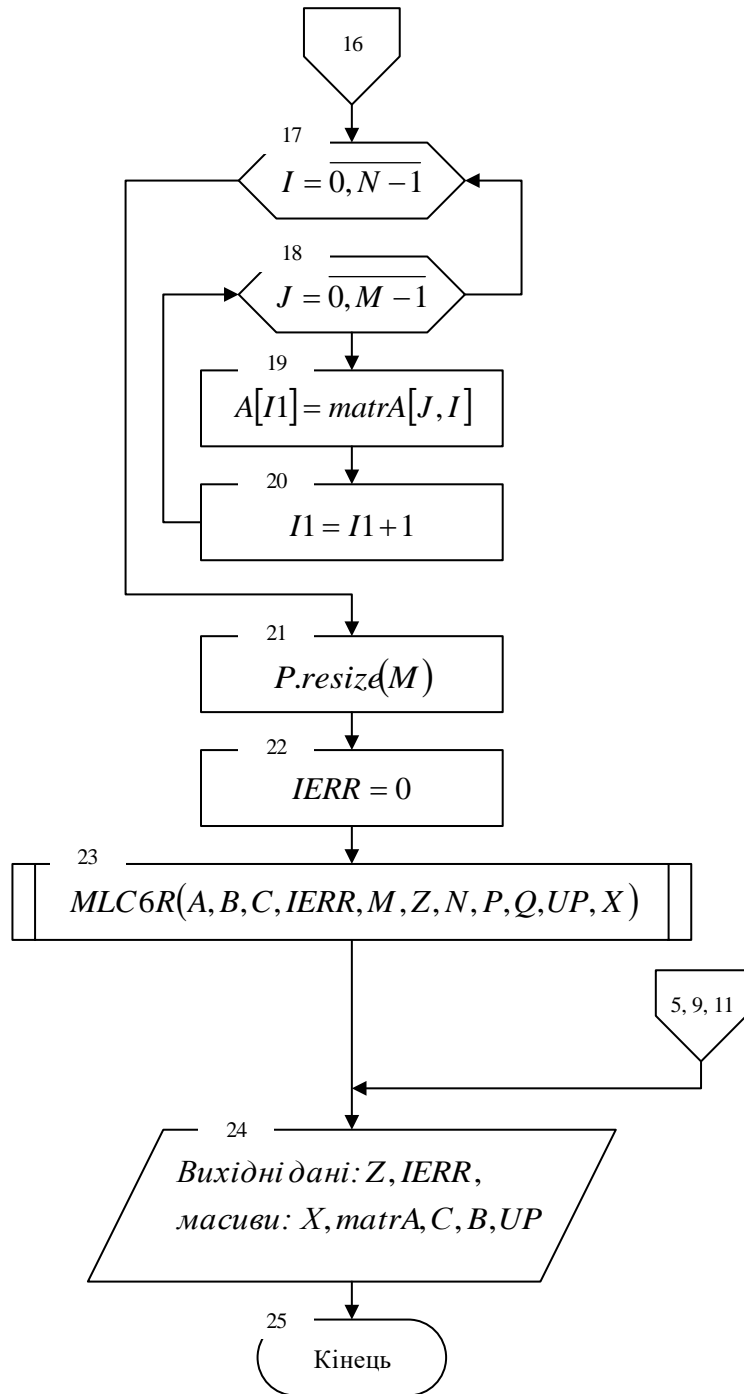
9. Барковский А.Ф. Основы оценки эффективности и выработки рекомендаций по поражению целей огнем артиллерии/ А.Ф. Барковский// С-Пб.: ВАУ, 2000. – 309 с.
10. Вища математика: Підручник / Домбровський В.А., Крижанівський І.М., Мацьків Р.С., Мигович Ф.М., Неміш В.М., Окрепкий Б.С., Хома Г.П., Шелестовська М.Я.; за редакцією Шинкарика М.І.//Тернопіль: Видавництво Карп'юка, 2003 – 480с [Електронний ресурс]. Режим доступу з екрану: http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/612/1/vm_pidr.pdf
11. Семенова Н.В. Векторні задачі дискретної оптимізації на комбінаторних множинах: методи дослідження та розв'язання: Монографія/ Н.В. Семенова, Л.М. Колечкіна// Київ: Наукова думка, 2009. – 266 с.
12. Гуляницький Л.Ф. Прикладні методи комбінаторної оптимізації: навч. посіб./ Л.Ф. Гуляницький, О.Ю. Мулеса//К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016. – 142 с
13. Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа/ А.Н. Колмогоров, С.Б. Фомин// 7-е изд. – М.: Физматлит, 2004. – 572 с.
14. Донець Г. П. Екстремальні задачі на комбінаторних конфігураціях: монографія/ Г.П. Донець, Л.М. Колечкіна// Полтава: РВВПУЕТ, 2011. – 309 с
15. Кушлик-Дивульська О. І. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб./О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук, Б. П. Орел, П. І. Штабальюк//К: НТУУ «КПІ», 2014. – 212 с.
16. Taboga M. Lectures on Probability Theory and Mathematical Statistics/ M.Taboga// New York: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012. – 657 p. [Електронний ресурс]. Режим доступу з екрану: <https://www.twirpx.com/file/2175712/>.
17. Барковський В.В. Теорія ймовірностей та математична статистика./ В.В. Барковський, Барковська Н.В., Лопатін О.К// Київ: Центр учбової літератури, 2010. — 424 с
18. Циглер Г.М. Теория многогранников/ Г.М. Циглер// МЦНМО, 2014. – 567 с.

19. Freiwald Ronald C. An Introduction to Set Theory and Topology/ Ronald C. Freiwald // Washington University in St. Louis, 2014. – 449 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа з екрану: <https://openscholarship.wustl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1020&context=books>
20. Виро О. Я Элементарная топология/ О.Я. Виро, О.А. Иванов, Н.Ю. Нецветаев, В.М. Харламов// М.: МЦНМО, 2010. – 352 с [Электронный ресурс]. Режим доступа з екрану: <https://www.math.stonybrook.edu/~oleg/easymath/topoman/rus-book.pdf>.
21. John L. Kelley General Topology/ L. Kelley John // Dover Publications, inc. Mineola, New York, 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа з екрану: <https://books.google.com.ua/books?id=DfbODQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=uk#v=onepage&q&f=false>
22. Bærentzen J. Andreas Guide to Computational Geometry Processing: Foundations, Algorithms, and Methods/ J. Andreas Bærentzen, Jens Gravesen, François Anton, Henrik Aanæs// Springer-Verlag London, 2012 –326 p [Электронный ресурс]. Режим доступа з екрану: https://books.google.com.ua/books?id=0lb4_pLIyP8C&pg=PR3&dq=computational+geometry+%D0%A1%2B%2B&hl=uk&sa=X&ved=2ahUKEwj5pX5o5HuAhXM_KQKHwyOCiQQ6AEwBnoECAkQAg#v=onepage&q&f=false.
23. Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики/ Е.А. Никулин// С.Пб :БХВ-Петербург, 2003. –560с. [Электронный ресурс]. Режим доступа з екрану: <https://books.google.com.ua/books?id=I5cvkXOyhR0C&printsec=frontcover&hl=uk#v=onepage&q&f=false>
24. Полениця П.В., Коплик І.В., Дрозденко О.О., Марченко А.В. Програмно-розрахункова система планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника *Збірник тез доповідей науково-практичної конференції "Застосування Сухопутних військ Збройних сил України у конфліктах сучасності"*: тези доповідей наук.-практ.конф., 14-15 лист. 2019 року. – Львів: НАСВ, 2019 . С. 107-108.

ДОДАТОК А

БЛОК-СХЕМА ПІДПРОГРАМИ ВЕКТОРА СПАДУ





ДОДАТОК Б

ОПИС ЗЕРЕЖЕНИХ ПРОЦЕДУР БАЗИ ДАНИХ BDPLAN

1. Ім'я: spLoadTask

Призначення: Отримує умову раніше вирішеної задачі з bdPlanRes.

SQL запит:

```

USE [bdPlan]
GO
IF EXISTS (SELECT * FROM sys.objects WHERE object_id =
OBJECT_ID(N'[dbo].[spLoadTask]') AND type in (N'P', N'PC'))
DROP PROCEDURE [dbo].[spLoadTask]
GO
USE [bdPlan]
GO
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE PROCEDURE [dbo].[spLoadTask]
    @idR int,
    @newid int OUTPUT
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;
    if(@idR is null)
    begin
        RAISERROR ('Invalid Argument', 16, 1)
        return -1
    end
    DECLARE @MTV table(ID_tmp int);
    begin transaction;
    insert into [tbTask]
        ([noTa] , [MaxGr] , [descr])
    OUTPUT inserted.id into @MTV
    SELECT [noTa] , [MaxGr] , [descr]
    FROM [bdPlanRes].[dbo].[tbTask]
    where [bdPlanRes].[dbo].[tbTask].[id] = @idR;
    insert into [tbAllTarg]
        ([idTask], [noAT], [idTarg], [X], [Y], [Front], [Deep], [descT], [data], [LastId])
    SELECT [@MTV].ID_tmp, [noAT], [idTarg], [X], [Y], [Front], [Deep], [descT], [data]
        , [bdPlanRes].[dbo].[tbAllTarg].[id]
    FROM [bdPlanRes].[dbo].[tbAllTarg], @MTV
    where [bdPlanRes].[dbo].[tbAllTarg].[idTask] = @idR;
    insert into [tbPeriods]
        ([idTask], [noP], [TimeP], [descP], [LastId])
    SELECT [@MTV].ID_tmp, [noP], [TimeP], [descP]
        , [bdPlanRes].[dbo].[tbPeriods].[id]
    FROM [bdPlanRes].[dbo].[tbPeriods], @MTV
    where [bdPlanRes].[dbo].[tbPeriods].[idTask] = @idR;
    DECLARE @TP table(ID_per int);
    DECLARE @id_t int;
    DECLARE @id_p int;
    DECLARE @idTask_p int;
    DECLARE @idLast_p int;
    SET @id_t = (SELECT ID_tmp FROM @MTV);
    DECLARE per_cur CURSOR FOR
        SELECT [id], [idTask], [LastId]

```

```

FROM [dbo].[tbPeriods]
WHERE [idTask] = @id_t;
OPEN per_cur;
FETCH NEXT FROM per_cur INTO @id_p, @idTask_p, @idLast_p;
WHILE @@FETCH_STATUS = 0
BEGIN
    delete @TP;
    insert into @TP (ID_per)
    values (@id_p);
    INSERT INTO [dbo].[tbTargPeriod] (
        [idPeriod],[idTargList] ,[noTP],[descP])
    SELECT [@TP].[ID_per]
        ,[dbo].[tbAllTarg].[id]
        ,[bdPlanRes].[dbo].[tbTargPeriod].[noTP]
        ,[descP]
    FROM [bdPlanRes].[dbo].[tbTargPeriod],@TP, [dbo].[tbAllTarg]
    where [bdPlanRes].[dbo].[tbTargPeriod].[idPeriod] = @idLast_p
        and [dbo].[tbAllTarg].[LastId] =
[bdPlanRes].[dbo].[tbTargPeriod].[idTargList];
    FETCH NEXT FROM per_cur INTO @id_p, @idTask_p, @idLast_p;
END;
CLOSE per_cur;
DEALLOCATE per_cur;
DECLARE @TB table(ID_b int);
DECLARE @id_b int;
DECLARE @idAdn_b int;
DECLARE @idLast_b int;
insert into [tbAdn]
    ([idTask],[noA],[idSyst],[descSyst],[LastId])
select [@MTV].ID_tmp
    ,[noA],[idSyst],[descSyst]
    ,[bdPlanRes].[dbo].[tbAdn].[id]
from [bdPlanRes].[dbo].[tbAdn], @MTV
where [bdPlanRes].[dbo].[tbAdn].[idTask] = @idR;
    declare adn_cur cursor for
select [id],[idTask], [LastId]
from [dbo].[tbAdn]
where [idTask] = @id_t;
    open adn_cur;
FETCH NEXT FROM adn_cur INTO @id_p, @idTask_p, @idLast_p;
WHILE @@FETCH_STATUS = 0
BEGIN
    delete @TP;
    insert into @TP (ID_per)
    values (@id_p);
    INSERT INTO [dbo].[tbBatr] (
        [idAdn] ,[noB] ,[X],[Y],[nor],[descBatr],[LastId])
    SELECT [@TP].[ID_per]
        ,[bdPlanRes].[dbo].[tbBatr].[noB]
        ,[bdPlanRes].[dbo].[tbBatr].[X]
        ,[bdPlanRes].[dbo].[tbBatr].[Y]
        ,[bdPlanRes].[dbo].[tbBatr].[nor]
        ,[bdPlanRes].[dbo].[tbBatr].[descBatr]
        ,[bdPlanRes].[dbo].[tbBatr].[id]
    FROM [bdPlanRes].[dbo].[tbBatr],@TP
    where [bdPlanRes].[dbo].[tbBatr].[idAdn] = @idLast_p;

    DECLARE bat_cur CURSOR FOR
        SELECT [id],[idAdn], [LastId]
        FROM [dbo].[tbBatr]
        WHERE [idAdn] = @id_p;
        open bat_cur;
    FETCH NEXT FROM bat_cur INTO @id_b, @idAdn_b, @idLast_b;

```

```

WHILE @@FETCH_STATUS = 0
BEGIN
    delete @TB;
    insert into @TB(ID_b)
    values (@id_b);
    INSERT INTO [dbo].[tbTypeShell] (
        [idBatr]
        , [noType]
        , [NsnOr]
        , [descT])
    SELECT [@TB].[ID_b]
        , [bdPlanRes].[dbo].[tbTypeShell].[noType]
        , [bdPlanRes].[dbo].[tbTypeShell].[NsnOr]
        , [bdPlanRes].[dbo].[tbTypeShell].[descT]
    FROM [bdPlanRes].[dbo].[tbTypeShell],@TB
    where [bdPlanRes].[dbo].[tbTypeShell].[idBatr] = @idLast_b;
    FETCH NEXT FROM bat_cur INTO @id_b, @idAdn_b, @idLast_b;
END;
CLOSE bat_cur;
DEALLOCATE bat_cur;
FETCH NEXT FROM adn_cur INTO @id_p, @idTask_p, @idLast_p;
END;
CLOSE adn_cur;
DEALLOCATE adn_cur;

UPDATE [dbo].[tbAdn]
SET [LastId] = NULL
WHERE NOT ([LastId] IS NULL);

UPDATE [dbo].[tbBatr]
SET [LastId] = NULL
WHERE NOT ([LastId] IS NULL);
UPDATE [dbo].[tbPeriods]
SET [LastId] = NULL
WHERE NOT ([LastId] IS NULL);

UPDATE [dbo].[tbAllTarg]
SET [LastId] = NULL
WHERE NOT ([LastId] IS NULL);

if @@ERROR<>0
begin
    rollback transaction;
    return -2;
end
else
begin
    commit transaction;
    SET @newid = (select ID_tmp from @MTV);
    if (@newid is null)
        begin
            SET @newid = -1;
        end
    return 0;
end
END
GO

```

ДОДАТОК В

ОПИС ЗЕРЕЖЕНИХ ПРОЦЕДУР БАЗИ ДАНИХ BDPLANRES

1. Ім'я: uspSaveSolution

Призначення: Отримує умову задачі з bdPlan.

SQL запит:

```

USE [bdPlanRes]
GO
IF EXISTS (SELECT * FROM sys.objects WHERE object_id =
OBJECT_ID(N'[dbo].[uspSaveSolution]') AND type in (N'P', N'PC'))
DROP PROCEDURE [dbo].[c]
GO
USE [bdPlanRes]
GO
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE PROCEDURE [dbo].[uspSaveSolution]
    @idd int,
    @newid int OUTPUT
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;
    if(@idd is null)
    begin
        RAISERROR ('Invalid Argument', 16, 1)
        return -1
    end
    DECLARE @MTV table(ID_tmp int);
    begin transaction;

    insert into [tbTask]
        ([noTa] , [MaxGr], [descr])
    OUTPUT inserted.id into @MTV
    SELECT [noTa], [MaxGr], [descr]
    FROM [bdPlan].[dbo].[tbTask]
    where [bdPlan].[dbo].[tbTask].[id] = @idd;
    insert into [tbAllTarg]
        ([idTask], [noAT], [idTarg], [X], [Y], [Front], [Deep], [descT], [data], [LastId])
    SELECT [@MTV].ID_tmp
        , [noAT], [idTarg], [X], [Y], [Front], [Deep], [descT], [data]
        , [bdPlan].[dbo].[tbAllTarg].[id]
    FROM [bdPlan].[dbo].[tbAllTarg], @MTV
    where [bdPlan].[dbo].[tbAllTarg].[idTask] = @idd ;
    insert into [tbPeriods]
        ([idTask], [noP], [TimeP], [descP], [LastId])
    SELECT [@MTV].ID_tmp
        , [noP], [TimeP], [descP]
        , [bdPlan].[dbo].[tbPeriods].[id]
    FROM [bdPlan].[dbo].[tbPeriods], @MTV
    where [bdPlan].[dbo].[tbPeriods].[idTask] = @idd;
    DECLARE @TP table(ID_per int);
    DECLARE @id_t int;
    DECLARE @id_p int;

```

```

DECLARE @idTask_p int;
DECLARE @idLast_p int;
SET @id_t = (SELECT ID_tmp FROM @MTV);
DECLARE per_cur CURSOR FOR
    SELECT [id],[idTask], [LastId]
    FROM [dbo].[tbPeriods]
    WHERE [idTask] = @id_t;
OPEN per_cur;
FETCH NEXT FROM per_cur INTO @id_p, @idTask_p, @idLast_p;
WHILE @@FETCH_STATUS = 0
    BEGIN
        delete @TP;
        insert into @TP (ID_per)
        values (@id_p);
        INSERT INTO [dbo].[tbTargPeriod] (
            [idPeriod]
            , [idTargList]
            , [noTP]
            , [descP])
        SELECT [@TP].[ID_per]
            , [dbo].[tbAllTarg].[id]
            , [bdPlan].[dbo].[tbTargPeriod].[noTP]
            , [descP]
        FROM [bdPlan].[dbo].[tbTargPeriod],@TP, [dbo].[tbAllTarg]
        where [bdPlan].[dbo].[tbTargPeriod].[idPeriod] = @idLast_p
            and [dbo].[tbAllTarg].[LastId] =
[bdPlan].[dbo].[tbTargPeriod].[idTargList];

        FETCH NEXT FROM per_cur INTO @id_p, @idTask_p, @idLast_p;
    END;
CLOSE per_cur;
DEALLOCATE per_cur;

DECLARE @TB table(ID_b int);

DECLARE @id_b int;
DECLARE @idAdn_b int;
DECLARE @idLast_b int;

insert into [tbAdn]
    ([idTask]
    , [noA]
    , [idSyst]
    , [descSyst]
    , [LastId])
select [@MTV].ID_tmp
    , [noA]
    , [idSyst]
    , [descSyst]
    , [bdPlan].[dbo].[tbAdn].[id]
from [bdPlan].[dbo].[tbAdn], @MTV
where [bdPlan].[dbo].[tbAdn].[idTask] = @idd;

declare adn_cur cursor for
    select [id],[idTask], [LastId]
    from [dbo].[tbAdn]
    where [idTask] = @id_t;

open adn_cur;
FETCH NEXT FROM adn_cur INTO @id_p, @idTask_p, @idLast_p;
WHILE @@FETCH_STATUS = 0
    BEGIN
        delete @TP;

```

```

insert into @TP (ID_per)
values (@id_p);

INSERT INTO [dbo].[tbBatr] (
    [idAdn]
    , [noB]
    , [X]
    , [Y]
    , [nor]
    , [descBatr]
    , [LastId])
SELECT [@TP].[ID_per]
    , [bdPlan].[dbo].[tbBatr].[noB]
    , [bdPlan].[dbo].[tbBatr].[X]
    , [bdPlan].[dbo].[tbBatr].[Y]
    , [bdPlan].[dbo].[tbBatr].[nor]
    , [bdPlan].[dbo].[tbBatr].[descBatr]
    , [bdPlan].[dbo].[tbBatr].[id]
FROM [bdPlan].[dbo].[tbBatr],@TP
where [bdPlan].[dbo].[tbBatr].[idAdn] = @idLast_p;

DECLARE bat_cur CURSOR FOR
    SELECT [id],[idAdn], [LastId]
    FROM [dbo].[tbBatr]
    WHERE [idAdn] = @id_p;

open bat_cur;
FETCH NEXT FROM bat_cur INTO @id_b, @idAdn_b, @idLast_b;
WHILE @@FETCH_STATUS = 0
    BEGIN
        delete @TB;

        insert into @TB(ID_b)
        values (@id_b);

        INSERT INTO [dbo].[tbTypeShell] (
            [idBatr]
            , [noType]
            , [NsnOr]
            , [descT])
        SELECT [@TB].[ID_b]
            , [bdPlan].[dbo].[tbTypeShell].[noType]
            , [bdPlan].[dbo].[tbTypeShell].[NsnOr]
            , [bdPlan].[dbo].[tbTypeShell].[descT]
        FROM [bdPlan].[dbo].[tbTypeShell],@TB
        where [bdPlan].[dbo].[tbTypeShell].[idBatr] = @idLast_b;

        FETCH NEXT FROM bat_cur INTO @id_b, @idAdn_b, @idLast_b;
    END;

CLOSE bat_cur;
DEALLOCATE bat_cur;

    FETCH NEXT FROM adn_cur INTO @id_p, @idTask_p, @idLast_p;
END;
CLOSE adn_cur;
DEALLOCATE adn_cur;

UPDATE [dbo].[tbAdn]
SET [LastId] = NULL
WHERE NOT ([LastId] IS NULL);

```



```

UPDATE [dbo].[tbBatr]
SET [LastId] = NULL
WHERE NOT ([LastId] IS NULL);
UPDATE [dbo].[tbPeriods]
SET [LastId] = NULL
WHERE NOT ([LastId] IS NULL);
UPDATE [dbo].[tbAllTarg]
SET [LastId] = NULL
WHERE NOT ([LastId] IS NULL);
if @@ERROR<>0
begin
    rollback transaction;
    return -2;
end
else
begin
    commit transaction;
    SET @newid = (select ID_tmp from @MTV);
    if (@newid is null)
        begin
            SET @newid = -1;
        end
    return 0;
end
END
GO

```

2. Ім'я: uspSaveRaspRes

Призначення: Зберігає результати розподілу в bdPlanRes.

SQL запит:

```

USE [bdPlanRes]
GO
IF EXISTS (SELECT * FROM sys.objects WHERE object_id =
OBJECT_ID(N'[dbo].[uspSaveRaspRes]') AND type in (N'P', N'PC'))
DROP PROCEDURE [dbo].[uspSaveRaspRes]
GO
USE [bdPlanRes]
GO
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE PROCEDURE [dbo].[uspSaveRaspRes]
    @idPer int,
    @idTag int,
    @descT nvarchar(100),
    @coefV float,
    @noSn int,
    @Md float,
    @Mt float,
    @descSn nvarchar(50),
    @GrV int,
    @ma int,
    @idRasp int OUTPUT
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;
    if (@idPer is null) or
        (@idTag is null) or

```

```

        (@descT is null) or
        (@coefV is null) or
        (@noSn is null) or
        (@Md is null) or
        (@Mt is null) or
        (@descSn is null) or
        (@ma is null) or
        (@GrV is null)
begin
    RAISERROR ('Invalid Arguments', 16, 1)
    return -1
end
DECLARE @MTV table(ID_tmp int);
begin transaction;
insert into [dbo].[tbRasprRes]
    ([idPeriod],[idTarg],[descT] , [coefVag],[noSn],[MOGd],[MOGt]
    , [descSn],[GrVagn],[mark])
OUTPUT inserted.id into @MTV
values (@idPer, @idTag, @descT, @coefV, @noSn, @Md, @Mt, @descSn, @GrV, @ma);
if @@ERROR<>0
begin
    rollback transaction;
    return -2;
end
else
begin
    commit transaction;
    SET @idRasp = (select ID_tmp from @MTV);
    if (@idRasp is null)
        begin
            SET @idRasp = -1;
        end
    return 0;
end
END
GO

```

3. Ім'я: uspSaveAdnRes

Призначення: Зберігає результати розподілу в bdPlanRes.

SQL запит:

```

USE [bdPlanRes]
GO
IF EXISTS (SELECT * FROM sys.objects WHERE object_id =
OBJECT_ID(N'[dbo].[uspSaveAdnRes]') AND type in (N'P', N'PC'))
DROP PROCEDURE [dbo].[uspSaveAdnRes]
GO
USE [bdPlanRes]
GO
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE PROCEDURE [dbo].[uspSaveAdnRes]
    @idRasp int,
    @noA int,
    @idSyst int,
    @descSyst nvarchar (50),
    @idAdnRes int OUTPUT
AS
BEGIN

```

```

SET NOCOUNT ON;
if (@idRasp is null) or (@noA is null) or (@idSyst is null) or (@descSyst is
null)
begin
    RAISERROR ('Invalid Arguments', 16, 1)
    return -1
end
DECLARE @MTV table(ID_tmp int);
begin transaction;
insert into [dbo].[tbAdnRes]
    ([idRasp]
    , [noA]
    , [idSyst]
    , [descSyst])
OUTPUT inserted.id into @MTV
values (@idRasp, @noA, @idSyst, @descSyst);
if @@ERROR<>0
begin
    rollback transaction;
    return -2;
end
else
begin
    commit transaction;
    SET @idAdnRes = (select ID_tmp from @MTV);
    if (@idAdnRes is null)
        begin
            SET @idAdnRes = -1;
        end
    return 0;
end
END
GO

```

4. Ім'я: uspSaveBatrRes

Призначення: Зберігає результати розподілення в bdPlanRes.

SQL запит:

```

USE [bdPlanRes]
GO
IF EXISTS (SELECT * FROM sys.objects WHERE object_id =
OBJECT_ID(N'[dbo].[uspSaveBatrRes]') AND type in (N'P', N'PC'))
DROP PROCEDURE [dbo].[uspSaveBatrRes]
GO
USE [bdPlanRes]
GO
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE PROCEDURE [dbo].[uspSaveBatrRes]
    @idAdnRes int,
    @noBatr int,
    @Rashod int,
    @idBatr int output
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;

    if (@idAdnRes is null) or (@noBatr is null) or (@Rashod is null)

```

```

begin
    RAISERROR ('Invalid Arguments', 16, 1)
    return -1
end

DECLARE @MTV table(ID_tmp int);

begin transaction;

insert into [dbo].[tbBatrRes]
    ([idAdnRes]
     , [noBatr]
     , [Rashod])
OUTPUT inserted.id into @MTV
values (@idAdnRes, @noBatr, @Rashod);

if @@ERROR<>0
begin
    rollback transaction;
    return -2;
end
else
begin
    commit transaction;
    SET @idBatr = (select ID_tmp from @MTV);
    if (@idBatr is null)
        begin
            SET @idBatr = -1;
        end
    return 0;
end

END
GO

```

5. Ім'я: uspSavePeriodRes

Призначення: Зберігає результати розподілення в bdPlanRes.

SQL запит:

```

USE [bdPlanRes]
GO

IF EXISTS (SELECT * FROM sys.objects WHERE object_id =
OBJECT_ID(N'[dbo].[uspSavePeriodRes]') AND type in (N'P', N'PC'))
DROP PROCEDURE [dbo].[uspSavePeriodRes]
GO

USE [bdPlanRes]
GO

SET ANSI_NULLS ON
GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO

CREATE PROCEDURE [dbo].[uspSavePeriodRes]
    @idTask int,
    @noP int,

```

```

    @timeP float,
    @descP nvarchar(50),
    @errCod int,
    @errStr nvarchar(50),
    @idPer int OUTPUT
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;

    if (@idTask is null) or (@noP is null) or (@timeP is null) or (@descP is
null) or (@errCod is null)
    begin
        RAISERROR ('Invalid Arguments', 16, 1)
        return -1
    end

    DECLARE @MTV table(ID_tmp int);

    begin transaction;

    insert into [dbo].[tbPeriodsRes]
        ([idTask]
        , [noP]
        , [TimeP]
        , [descP]
        , [errCod]
        , [errStr])
    OUTPUT inserted.id into @MTV
    values (@idTask, @noP, @timeP, @descP, @errCod, @errStr);

    if @@ERROR<>0
    begin
        rollback transaction;
        return -2;
    end
    else
    begin
        commit transaction;
        SET @idPer = (select ID_tmp from @MTV);
        if (@idPer is null)
        begin
            SET @idPer = -1;
        end
        return 0;
    end
end

END
GO

```

ДОДАТОК Г

ПОВІДОМЛЕННЯ ПРИ ВИРШЕННІ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО ДЛЯ ЗАДАНИХ УМОВ ПЛАНУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ДИВІЗІОНУ

Таблиця Г.1 – Опис помилок

№ помилки	Розшифрування помилка	Примітка
Номер не наведений в цій таблиці	Недокументована помилка	Виводиться, якщо виникає недокументована помилка в програмі
0	Помилок нема	
Помилки, які можуть виникнути при виконанні процедур, що зберігаються на сервері БД		
-1	Помилка процедури, що зберігає SQL: Недопустимий аргумент. Зверніться до адміністратора серверу.	
-2	Помилка процедури, що зберігає SQL: Проїшов відкат транзакції. Зверніться до адміністратора серверу.	
Номер, що знаходиться в діапазоні від -10 до -1 і не наведений в цій таблиці	Помилка процедури, що зберігає SQL: Невідома помилка. Зверніться до адміністратора серверу..	
Помилки, які можуть виникнути в підпрограмі оптимізації		
1	Кількість рядків в матриці умов не співпадає з довжиною вектора значень умов	
2	Кількість стовбців матриці умов не співпадає з кількістю змінних	
3	Службовий вектор має довжину, що не дорівнює 2.	
4	Не знайдена допустима точка в локальній області	
5	Проїшов заданий час.	
Номер, що знаходиться в діапазоні від 1 до 5 і не наведений в цій таблиці	Підпрограма оптимізації: Невідома помилка	
Помилки, які можуть виникнути при виконанні функції, що здійснює лінійну інтерполяцію		
10	Масив нульової довжини.	
11	Значення аргументу не належить діапазону значень масиву.	
Номер, що знаходиться в діапазоні від 10 до 19 і не наведений в цій таблиці	Невідома помилка в підпрограмі лінійної інтерполяції.	
Помилка Моделі		
71	Кількість груп по ступеню важливості дорівнює нулю.	
90	Максимальна кількість батарей повинна бути не меншою максимальної кількості типу калібрів	

Продовження таблиці Г.1

№ помилки	Розшифрування помилка	Примітка
Номер, що знаходиться в діапазоні від 20 до 99 і не наведений в цій таблиці	Невідома помилка в розрахунковому модулі	
Помилки, які можуть виникнути при виконанні функції планування всіх періодів		
121	Кількість завдань вогневого ураження повинна бути більшою нуля.	
122	Кількість завдань вогневого ураження не співпадає з розподілом цілей по завданнях.	
Номер, що знаходиться в діапазоні від 121 до 130 і не наведений в цій таблиці	Невідома помилка	
Помилки, які можуть виникнути при виконанні функції перевірки вхідних даних по підрозділах ураження		
201	Два типи артилерійських систем в таблиці мають однаковий номер	
202	Не введений ні один тип артилерійської системи	
203	Для одного із типів артилерійської системи в таблиці не введено ні одної батареї	
204	Для одного із типів артилерійської системи в таблиці дві чи більше батареї мають однаковий номер	
205	Для одної з батарей в таблиці не введено ні одного типу снаряду	
206	Для одної з батарей вказано два однакових типи снарядів	
207	Нема ні одного типу снарядів в довідковій таблиці	
208	В одній з батарей вказаний тип снарядів не знайдений в довіднику	
209	Для одного із типів артилерійської системи в таблиці кількість батарей більша максимально допустимого	
210	Тип артилерійської системи не знайдений в списку	
Номер, що знаходиться в діапазоні від 201 до 210 і не наведений в цій таблиці	Невідома помилка при перевірці складу дивізіону	
Помилки, які можуть виникнути при виконанні функції перевірки списку цілей		
400	Немає ні одного запису в таблиці об'єктів	
401	Тип одного із об'єктів відсутній в списку типових цілей	
402	Два чи більше об'єктів мають однаковий номер	
Номер, що знаходиться в діапазоні від 400 до 410 і не наведений в цій таблиці	Невідома помилка при перевірці списку об'єктів	
Помилки, які можуть виникнути при виконанні функції перевірки списку цілей, що прийняті до ураження		
500	В списку об'єктів для одного із завдань нема ні одного запису	

Продовження таблиці Г.1

№ помилки	Розшифрування помилка	Примітка
501	Одного із об'єктів в одному із завдань нема в загальному списку переліку об'єктів	
502	Для одного з завдань об'єкт вказаний двічі	
Номер, що знаходиться в діапазоні від 500 до 510 і не наведений в цій таблиці	Невідома помилка при перевірці списку об'єктів та задача	
Помилки, які можуть виникнути при виконанні функції перевірки завдань ураження		
600	Нема ні однієї задачі	
Номер, що знаходиться в діапазоні від 600 до 610 і не наведений в цій таблиці	Невідома помилка при перевірці списку завдань	
Помилки, які можуть виникнути при виконанні функції формування списку цілей		
700	Помилка читання даних із табл tbAllTarg. Зверніться до адміністратора сервісу	
701	У одного чи більше об'єктів група важливості менша одиниці	
702	Кількість груп по ступеню важливості дорівнює нулю.	
710	Змінені дані про сервери під час оброблення. Порушена цілісність даних. Повторити пуск задачі знову	
Номер, що знаходиться в діапазоні від 600 до 610 і не наведений в цій таблиці	Невідома помилка при обробці списку об'єктів	
Помилки, які можуть виникати при зверненні до серверу і баз даних		
1001	Дані не знайдені.	Виникає, якщо не вдалось завантажити дані раніше виконаних розрахунків
1002	Помилка формулювання запиту	Виникає, якщо підготовлені некоректні дані для SQL-запиту, що відправлений на сервер
1020	Помилка перетворення типів.	Виникає, якщо запит, що запитується не знайдений на сервері баз даних
Номер, що знаходиться в діапазоні від 1000 до 1500 і не наведений в цій таблиці	Невідома помилка в базі даних.	
Помилки, які можуть виникнути при виконанні функції, що здійснює розрахунок значення полінома по заданих коефіцієнтах		
100	Великий аргумент для полінома	
Номер, що знаходиться в діапазоні від 100 до 109 і не наведений в цій таблиці	Невідома помилка в підпрограмі розрахування полінома	

ДОДАТОК Д

АКТ ПРО ВИГОТОВЛЕННЯ ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКА

Прим. № 1

Затверджую
Проректор з наукової роботи
Сумського державного
університету



А.М. Черноус

«17» 10 2018 р.

А К Т

про виготовлення дослідного зразка програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника (Договір № ДЗ / 7 – 2017 від 14.11.2017р. між Сумським державним університетом та Міністерством освіти і науки України)

Ми, що нижче підписалися, представники Сумського державного університету:

Науковий керівник проекту:

Коплик Ігор Володимирович – заступник завідувача кафедри Прикладної математики і моделювання складних систем, доцент,

Відповідальний виконавець проекту:

Дрозденко Олексій Олександрович – завідувач секцією Комп'ютеризованих систем управління кафедри Комп'ютерних наук, доцент,

Виконавці проекту:

Марченко Анна Вікторівна – заступник декана факультету Електроніки і інформаційних технологій, доцент секції Інформаційних технологій проектування кафедри Комп'ютерних наук,


2

Лисенко Володимир Олександрович – завідувач кафедри Прикладної математики і моделювання складних систем,

склали цей акт про те, що внаслідок виготовлення, налагодження та попередніх випробувань програмних модулів дослідного зразка програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника встановлено, що дослідний зразок та робоча документація, розроблені і виготовлені повністю відповідно до Технічного завдання.

Висновок:

Дослідний зразок може бути поданий на випробування.

 17.10.2018 (підпис, дата)	Коплик І.В.
 17.10.2018 (підпис, дата)	Дрозденко О.О.
 17.10.2018 (підпис, дата)	Марченко А.В.
 17.10.2018 (підпис, дата)	Лисенко О.В.

ДОДАТОК Е

АКТ ВИПРОБОВУВАНЬ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Прим. № 1

Затверджую
Проректор з наукової роботи
Сумського державного
університету



А.М. Черноус

«13» 11 2018 р.

А К Т

випробувань програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника

1. На виконання умов Договору № ДЗ / 7 – 2017 від 14.11.2017р. між Сумським державним університетом та Міністерством освіти і науки України з метою виконання вимог Технічного завдання у м. Суми з 12.11.2018р. по 13.11.2018р. було проведено випробування програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника комісією у складі:

Голова комісії:

Коплик Ігор Володимирович – заступник завідувача кафедри Прикладної математики і моделювання складних систем, доцент.

Члени комісії:

Дрозденко Олексій Олександрович – завідувач секцією Комп'ютеризованих систем управління кафедри Комп'ютерних наук, доцент;

Марченко Анна Вікторівна – заступник декана факультету Електроніки і інформаційних технологій, доцент секції Інформаційних технологій проектування кафедри Комп'ютерних наук,

Лисенко Володимир Олександрович – завідувач кафедри Прикладної математики і моделювання складних систем.

2. Об'єкт випробувань:

Програмне забезпечення у складі:

- 1) Програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника.
- 2) Баз даних, які обслуговують відповідне програмне забезпечення.

Програмна документація у складі:

1) Математичні моделі та програмні алгоритми. Звіт про науково-технічну роботу «Розроблення програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника» (проміжний) – Суми: СумДУ. 2017.

2) Програма і методика випробувань програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження – Суми: СумДУ. 2018.

3) Опис проектування баз даних. Звіт про науково-технічну роботу «Розроблення програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника» (проміжний) – Суми: СумДУ. 2018.

4) Опис перевірки програмного забезпечення програмно-розрахункової системи. Звіт про науково-технічну роботу «Розроблення програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника» (проміжний) – Суми: СумДУ. 2018.

5) Опис програми – Суми: СумДУ. 2018.

6) Настанова програміста – Суми: СумДУ. 2018.

7) Інструкція користувача – Суми: СумДУ. 2018.

3. Мета випробувань – оцінка функціонування наступного програмного забезпечення:

1) Програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника;

2) Баз даних, які обслуговують відповідне програмне забезпечення.

Також метою перевірки є оцінка відповідності документації вимогам Технічного завдання і програмному забезпеченню.

4. Технічні і загальносистемні засоби, які були використані на випробуваннях: Макет ПЕОМ оператора з характеристиками:

- Процесор (CPU) Intel S-1156 Core i5 650 BOX 3,2GHz/4Mb
- Відеокартка PCI-E 512Mb GeForce 210 Asus DI/512MD2(LP) DDR2;
- Розподільна здатність екрану 1680x1050
- ОЗУ DDR3 4Gb 1333MHz
- Жорсткий диск SSD SATA III TLC 480GB
- Маніпулятор «миша» Genius Traveler 305 Laser 1600dpi USB;
- Клавіатура Genius KB-110 Black USB.

5. Порядок проведення випробувань:

Випробування програмно-розрахункової системи проводились у м. Суми на території Сумського державного університету.

Підготовку технічних засобів і програмного забезпечення до випробувань здійснювали спеціалісти Сумського державного університету.

6. Результати випробувань:


Випробування програмно-розрахункової системи показали, що вона відповідає вимогам Технічного завдання. Усі перевірки, які передбачені Програмою і методикою випробувань пройдені без зауважень.

Програмна документація виконана у повному обсязі і у відповідності до вимог Технічного завдання.

7. Висновки.

Результати випробувань дають можливість зробити висновок про готовність програмно-розрахункової системи і програмної документації до передачі Замовнику та до введення у дослідну експлуатацію.

Голова комісії


(підпис, дата)

13. 11. 18

Коплик І.В.

Члени комісії:


(підпис, дата)

13. 11. 18

Дрозденко О.О.


(підпис, дата)

13. 11. 18

Марченко А.В.


(підпис, дата)

13. 11. 18

Лисенко О.В.

ДОДАТОК Ж

АКТ ПРО ВВЕДЕННЯ В ДОСЛІДНУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Прим. № 1

Затверджую
Перший проректор
Сумського державного
університету

 В.Д. Карпуша

_____ 2018 р.

Погоджую
Проректор з наукової роботи
Сумського державного
університету

 А.М. Черноус

_____ 2018 р.

А К Т

про введення у дослідну експлуатацію
програмно-розрахункової системи планування артилерійським підрозділом
вогневого ураження противника

Комісія, у складі:

Представників кафедри військової підготовки Сумського державного університету:

Ляпа Микола Миколайович – завідувач кафедрою військової підготовки,
Шелест Микола Борисович – старший викладач кафедри військової підготовки.

Представників науково-дослідної частини Сумського державного університету:

Курбатов Денис Ігорович – начальник науково-дослідної частини;
Коплик Ігор Володимирович – заступник завідувача кафедри прикладної математики і моделювання складних систем, доцент;
Дрозденко Олексій Олександрович – завідувач секцією комп'ютеризованих систем управління кафедри Комп'ютерних наук, доцент

провела перевірку інсталяції програмно-розрахункової системи на кафедрі військової підготовки Сумського державного університету та встановила:

- програмно-розрахункова система планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника відповідає Технічному завданню;
- програмна документація виконана у повному обсязі і у відповідності до вимог Технічного завдання;

2

- дані з програмно-розрахункової системи можливо використовувати у навчальному процесі при підготовці офіцерів-артилеристів.

Висновки:

- На основі наданих матеріалів та вивчення можливостей програмного забезпечення комісія прийняла рішення ввести програмно-розрахункову систему планування артилерійським підрозділом вогневого ураження противника в дослідну експлуатацію.

Підписи членів комісії:

від кафедри військової підготовки Сумського державного університету:

завідувач кафедру військової
підготовки



М.М. Ляпа

старший викладач кафедри
військової підготовки

М.Б. Шелест

від науково-дослідної частини Сумського державного університету:

начальник науково-дослідної
частини

Д.І. Курбатов

заступник завідувача кафедри
прикладної математики і
моделювання складних
систем, доцент

І.В. Коплик

завідувач секцією
комп'ютеризованих систем
управління кафедри
Комп'ютерних наук, доцент

О.О. Дрозденко

ДОДАТОК 3
СВІДОЦТВО ПРО РЕЄСТРАЦІЮ АВТОРСЬКОГО ПРАВА НА
ТВІР

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
 про реєстрацію авторського права на твір

№ 82449

Комп'ютерна програма "Програма оцінки ефективності виконання окремого вогневого завдання"
(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Поленція Петро Володимирович, Дрозденко Олексій Олександрович, Марченко Анна Вікторівна, Коплік Ігор Володимирович**
(повне ім'я, повнодім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007**
(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації **23.10.2018**

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перезвєнцев



МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ
 ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ КОД 37508596

ПК - Україна. Зас. 30.2003.2018 р. 1/04