

С.В. Журавльов, О.В. Федоровський, О.І. Каніщев

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ЗАСТОСУВАННЯ НЕКЕРОВАНИХ РЕАКТИВНИХ БОЄПРИПАСІВ

У статті досліджено математичну модель пуску некерованих авіаційних ракет (НАР) з кабрування. Обґрунтовано програмне забезпечення моделі пуску некерованих авіаційних ракет. Створено спеціальне математичне програмне забезпечення (СМПЗ) розрахунку пуску НАР типу С-8 з кабрування в умовах дії протиповітряної оборони (ППО) противника. Запропоновано СМПЗ для теоретичної та практичної підготовки льотного складу під час планування виконання бойового завдання, виходячи з тактичної обстановки. Обґрунтована можливість зменшення часових витрат на підготовку та забезпеченням безпечних умов виконання пуску. Доведено, що точність роботи запропонованого програмного забезпечення теоретично підтверджується задовільним збігом результатів з результатами табличних даних застосування НАР при пусках з вертольотів та практичними даними під час застосування літаків типу Су-25 в умовах протидії збройної агресії рф.

Ключові слова: тангаж, кабрування, підготовка льотного складу, некеровані авіаційні ракети.

Вступ

Постановка проблеми. Протидія збройній агресії рф у 2022-2023 роках виявила проблему підтримки авіацією сухопутних військ при активній протидії засобів ППО збройних сил російської федерації. Для зменшення часу перебування повітряного судна (ПС) у зоні ураження зенітних ракетних комплексів ближньої дії “ТОР-М1” та малого радіусу дії “Панцирь-С1” [1, с. 51...56], активно застосовується пуск НАР з кабрування. Статистика бойового застосування авіації ПС Збройних Сил України (ЗСУ) проти збройної агресії російської федерації показує, що один із основних, безпечних, методів застосування штурмової авіації є пуск НАР з кабрування на малих висотах із використанням прорахованих табличних даних та статичних параметрів пуску, що, в свою чергу, не завжди забезпечує безпечні умови пуску та не є гнучким у використанні, під час планування виконання бойового завдання льотним складом, виходячи з тактичної обстановки.

Для спрощення і зменшення витрат часу на підготовку льотного складу штурмової авіації створено математичну модель, яка дасть змогу при підготовці виконувати розрахунки щодо дальності пуску НАР та спрогнозувати вірогідність підриву НАР при обраних початкових параметрах положення літального апарата (ЛА) [3, с. 77...80].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження питання створення СМПЗ для підготовки льотного складу з питань бойового застосування вивчається у науковій праці [3, с.75...80]. Для дослідження пуску НАР типу С-8,

проаналізовано тактико-технічні характеристики даних типів боєприпасів [2, с. 622...624; 4, с. 3...8]. При створенні СМПЗ порівняння мов програмування стало необхідною умовою для зменшення часу під час написання програми [7, с. 182...187; 8, с. 286...298; 9, с. 92...107]. Ще одна вимога – можливість внесення корекції після написання програми та максимально коректні розрахунки. Максимальне наближення розрахунку параметрів пуску НАР до табличних показників пуску НАР з вертольота Ми-24 [6, с. 180] є основною складовою в плануванні виконання бойового завдання льотним складом, виходячи з тактичної обстановки.

Існує дисбаланс. З одного боку – при виконанні польотного завдання є можливість виконувати розрахунки по дальності пуску НАР та спрогнозувати вірогідність їх підриву при обраних початкових параметрах положення ЛА. З іншого боку – така можливість збільшує часові витрати на підготовку до виконання бойового вильоту із забезпеченням безпечних умов пуску, що веде до зниження ефективності польотного завдання.

Отже, існує нагальна потреба у вирішенні **науково-прикладної задачі**, що пов'язана зі зменшенням часових витрат на підготовку під час планування виконання бойового польоту із забезпеченням безпечних умов пуску.

Тому **мета статті** полягає у створенні субмоделі розрахунку дальності пуску та режимів польоту ЛА для пуску НАР типу С-8 з кабрування в умовах зменшення витрат часу на підготовку під час планування виконання бойового польоту із забезпеченням безпечних умов пуску та забезпечення потрібної достовірності.

Виклад основного матеріалу

Після попередньо проведеного математичного розрахунку повної дальності польоту НАР [3, с. 78...80], яка складається з активної ділянки польоту і пасивної, математичні розрахунки приводимо до вигляду, зручного для програмування. У запропонованій програмі використовується метод чисельного інтегрування Рунге-Кутта четвертого порядку.

Обираючи певне середовище для програмування, було проаналізовано переваги та недоліки різних мов програмування. Зокрема, C++ Builder – надзвичайно потужна система розробки прикладних програм для Windows, яка дає широкі можливості для розробки складних і ефективних програм, забезпечує швидкість візуальної розробки та продуктивність, володіє удосконаленими інструментами та різномасштабними засобами доступу до баз даних [9, с. 206...268]. MS Visual Studio – потужний інструмент, що ідеально підходить для розробки великих проєктів, однак є достатньо витратними. Головними особливостями середовища Delphi є інтегроване середовище розробки додатків та візуальна технологія розробки програм [10, с. 92...103].

З метою зменшення витрат часу на розробку СМПЗ пуску некерованих авіаційних ракет проведено аналіз бібліотек готового програмного коду IDE Delphi, Visual Studio та RAD Studio. Результати аналізу свідчать про наявність у репозиторії IDE версії RAD Studio 11 готового рішення аналогічної задачі, що потребує мінімальних витрат часу на доопрацювання для застосування як СМПЗ пуску некерованих авіаційних ракет. Тому за доцільне при розробці СМПЗ пуску некерованих авіаційних ракет мовою програмування було обрано Embarcadero RAD Studio 11.

СМПЗ призначене для розрахунку дальності пуску некерованих авіаційних ракет типу С-8 літаками типу Су-24 та Су-25 при атаці наземних цілей.

Завдання, що вирішуються:

розрахунок мінімальної дальності пуску НАР за дотримання певних параметрів польоту в момент пуску НАР (висоти, швидкості, кута кадрування);

розрахунок максимальної дальності пуску НАР за дотримання певних параметрів польоту в момент пуску НАР (висоти, швидкості, кута кадрування);

визначення вірогідності підриву боєприпасу залежно від кута входження.

Отримане СМПЗ складається з двох паралельних незалежних одна від одної програм –

KABR_NAR_x32.exe та KABR_NAR.apk, які написані для двох операційних систем Windows та Android відповідно. Програми можуть використовуватися як на персональних комп'ютерах (ноутбуках), так і на мобільних телефонах (планшетах) з даними операційними системами, встановленими на них.

Методика використання СМПЗ при підготовці до пуску НАР з кадрування на літаках.

Розрахунок мінімальної та максимальної дальності пуску ракет здійснюється користувачем СМПЗ методом введення у відповідні вікна програми початкових даних, таких як:

висота пуску НАР;

швидкість літака-носія НАР під час застосування НАР;

кут кадрування під час натискання бойової кнопки.

висота цілі;

тип НАР, які будуть застосовуватися.

За основу необхідно брати середнє значення дальності пуску, яке розраховується за формулою:

$$D_{2сер} = \frac{D_{2мін} + D_{2макс}}{2},$$

де $D_{2сер}$ – середнє значення дальності пуску НАР;

$D_{2мін}$ – мінімальна дальність пуску НАР; $D_{2макс}$ – максимальна дальність пуску НАР.

Атака наземних цілей з літальних апаратів виконується на кутах тангажу $10^{\circ}...25^{\circ}$ та швидкості польоту 550...800 км/год, що дає можливість досягти дальності накриття цілі від 5165 метрів до 7145 метрів (при висоті пуску ракет 150 метрів). Теоретично максимальна ефективність (точність) поразки цілі складає 41 % [5, с. 95].

На практиці застосування ПС при пуску НАР з кадрування найкращий ефект поразки площадних цілей спостерігається на кутах атаки $15^{\circ}...20^{\circ}$ в діапазоні швидкостей 600...800 км/год.

Режим роботи двигунів при пусках ракет – на всіх сталих і перехідних режимах.

Для вирішення задачі пуску НАР необхідно заздалегідь знати координати розташування наземних цілей. В пріоритеті має бути нерухома площадна наземна ціль.

Також задля власної безпеки необхідно знати тактичну обстановку, у тому числі висоту виявлення свого ПС радіолокаційними системами противника. Зазвичай це висота близько 150 метрів при роботі ППО великої дальності. А ППО, що прикриває окремий об'єкт цілі у вигляді ПЗРК або самохідних зенітних комплексів середньої і малої дальності, виявляє повітряне судно вже при висоті його польоту 50 метрів, а на степових ділянках ще

менше. При виконанні кадрування повітряне судно не повинно злітати вище цієї висоти.

Алгоритм використання СМПЗ за допомогою ОС Windows.

Запускається застосунок KABR_NURS.exe з папки, до якої встановлено СМПЗ щодо розрахунку дальності пуску НАР з кадрування по наземним цілям.

KABR_NAR_x64.exe – виконавча програма для Windows-x64.

KABR_NAR_x32.exe – виконавча програма для Windows-x32.

На головному вікні на панелі розрахунку встановлюється істинна швидкість польоту (у кілометрах на годину), висота польоту (у метрах), кут тангажу (у градусах) шляхом вводу цифрових даних в меню. Вибирається тип ракети в випадаючому меню лівою кнопкою миші. Також вводиться висота заданого перевищення (приниження) цілі (в метрах). Виконавши введення даних після натискання активної кнопки РОЗРАХУНОК у лівій частині меню (рис. 1):

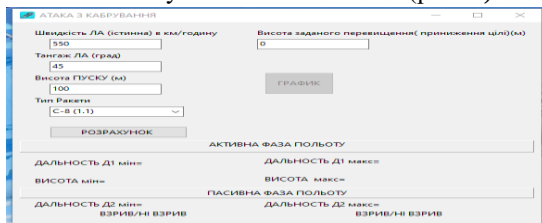


Рис. 1. Варіант вводу програми.
Джерело: розроблено авторами.

Варіанти рішення задачі відображаються в нижній частині вікна головного меню. Розрахунок мінімальних і максимальних дальності і висоти польоту ракети з працюючим двигуном визначається під написом АКТИВНА ФАЗА ПОЛЬОТУ в нижній частині вікна головного меню. Розрахунок мінімальної і максимальної загальної дальності польоту ракети визначається під написом ПАСИВНА ФАЗА ПОЛЬОТУ в нижній частині меню. Кольорові сигналізатори ПІДРИВ чи НЕМАЄ ПІДРИВУ розраховуються з умов кута виходження ракети стосовно цілі, виходячи з тактико-технічних характеристик (ТТХ) авіаційних ракет, що використовуються (рис. 2).

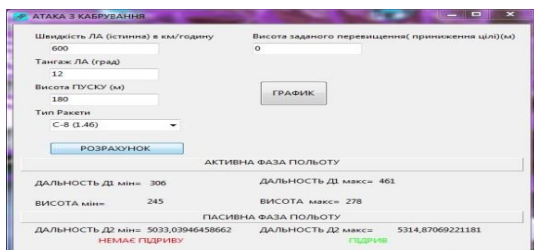


Рис. 2. Варіант рішення програми.
Джерело: розроблено авторами.

При натисканні лівою кнопкою миші на активну кнопку ГРАФІК у центральній частині головного меню видається в окремому вікні графік польоту ракет, відповідно до розрахункових даних, що вводилися на початковому етапі. У вікні виводу графіку при натисканні на вкладки у верхній лівій частині будуть відображатися такі графічні дані польоту ракети: дальність, швидкість, тангаж, висота (рис. 3).



Рис. 3. Графічні варіанти рішення програми.
Джерело: розроблено авторами.

Алгоритм використання СМПЗ за допомогою ОС Android.

Після запуску застосунок KABR_NUR з папки, до якої встановлено СМПЗ щодо розрахунку дальності пуску НАР з кадрування по наземним цілям (рис. 4).



Рис. 4. Ярлик програми на робочому столі.
Джерело: розроблено авторами.

На головному вікні панелі розрахунку встановлюємо істинну швидкість польоту (у кілометрах на годину), кут тангажу (у градусах), висоту пуску ракет (у метрах) шляхом вводу цифрових даних у меню. Вибираємо тип ракети, встановивши відповідну позначку. Також вводим висоту цілі (у метрах). Після вводу даних натискаємо активну кнопку РОЗРАХУНОК у центральній частині меню (рис. 5). Варіанти рішення задачі відображаються в нижній частині екрану головного меню. Розрахунок мінімальної та максимальної дальності польоту ракети виводяться на екран під написами Дальність Мін та Дальність Макс у нижній частині меню. Кольорові сигналізатори ПІДРИВ чи НЕМАЄ ПІДРИВУ розраховуються з умов кута входження ракети стосовно цілі, виходячи з характеристик авіаційних ракет, що використовуються та висвітлюються на місці розташування активного напису РЕЗУЛЬТАТ (рис. 6).



Рис. 5. Варіант вводу програми.

Джерело: розроблено авторами.



Рис. 6. Варіант рішення програми.

Джерело: розроблено авторами.

Інформація щодо моделювання обстановки та розрахунок умов бойового застосування некерованих ракетних боєприпасів з кадрування для літака видається користувачеві наочно на екран засобу відображення у вікні СМПЗ в форматі застосунків ОС Windows та платформи Android.

За отриманими результатами розрахунків мінімальної та максимальної дальності пуску НАР необхідно на карті намалювати кола з відповідними радіусами, де центр кола – обрана наземна ціль. Це дасть змогу проаналізувати результати розрахунків та обрати безпечний

напрямок заходу на ціль, де літак-носії НАР не буде заходити в зону дії ППО або ПЗРК противника та розрахувати координати заходу на ціль і пуску ракет.

Висновки

Таким чином, на основі попередньо складеної математичної моделі розрахунку балістичної траєкторії пуску НАР з кадрування створено субмодель розрахунку дальності та режимів польоту ЛА для пуску НАР типу С-8 з кадрування по площадних цілях. В умовах програмно-апаратної реалізації розроблена модель дає змогу:

1) зменшити вірогідність розрахункових похибок по дальності пуску НАР на 57 %;

2) підвищити вірогідність підриву НАР при обраних початкових параметрах положення ЛА на 40 %;

3) на 78 % зменшити часові витрати льотного складу на підготовку до виконання бойового польоту із застосуванням НАР за умови забезпечення потрібної достовірності враження цілі.

Для підготовки до пуску НАР льотчик може за допомогою застосунків ОС Windows і платформи Android змоделювати обстановку та розрахувати умови бойового застосування некерованих ракетних боєприпасів з кадрування. Дане СМПЗ дає можливість більш якісно проводити підготовку льотного складу штурмової авіації для бойового застосування при підготовці до пуску НАР з кадрування. При додатковому дослідженні практичних пусків порівняно з розрахунковими даними можливе практичне застосування програмного забезпечення льотчиками штурмової авіації авіаційних бригад та можливість подальшого дослідження СМПЗ з прив'язкою до GoogleMaps і GPS на платформі Android гіроскопу Android пристрою відображення зони ураження на карті в режимі реального часу.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення впливу бічного вітру, температури зовнішнього повітря та його вплив на балістичні характеристики НАР, які стоять на озброєнні НАТО (Zuni 5, Hydra 70), для адаптації даного СМПЗ з метою забезпечення максимальної ефективності ураження цілі зазначеними типами ракет.

Список літератури

1. Кравчук І.С., Тараненко В.В., Башинський Д.В., А.Г.Дмитрієв. Методичний підхід до визначення умов забезпечення неураження літака при бомбометанні з кабування у зоні дії засобів протиповітряної оборони. Системи озброєння і військова техніка. 2021. № 2(66). С. 54-56. <https://doi.org/10.30748/soivt.2021/66.07>.
2. Корнійчук С.П. Сучасне озброєння і військова техніка Збройних сил Російської Федерації. Довідник учасника ООС / Корнійчук С.П., Турінський О.В., Певцов Г.В., та ін. / - Харків: ДІСА ПЛЮС, 2020. – 1220 с.
3. Карпенко Б.В., Журавльов С.В., Козирев Р.П., Федоров О. В. Аналіз можливості створення спеціального математичного програмного забезпечення по розрахунку умов бойового застосування некерованих реактивних босприпасів при пусках з кабування. Системи озброєння і військова техніка 2022. №3(71). С.75-81. <https://doi.org/10.30748/soivt.2022/71.10>.
4. Неуправляемая авиационная ракета С-8КОМ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. МАП. 1987. – 39 с.
5. Moldovenau C., Du Parc M., Somoia P. Aspects regarding the unguided rocket effectiveness. Review of the Air Force Academy 2017. №1(33). С.91-98, <https://doi.org/10.19062/1842-9238.2017.15.1.11>.
6. Инструкция экипажу вертолета Ми-24В / Книга 2. Боевое применение // Москва. Военное издательство. 1987. – 247 с.
7. Бахирев А. Сюрреализм на JavaScript. / А. Бахирев. – СПб.: СИНЭЛ, 2014. – 228 с.
8. Блох Дж. Java. Эффективное программирование. 2-е издание / Дж. Блох – М.: Лори, 2014. – 460 с.
9. Медведев В.И. Особенности объектно-ориентированного программирования на C++/CLI, C# и Java 2-е изд., испр. и доп. / В.И. Медведев. – Казань: РИЦ “Школа”, 2010. – 444 с.
10. В.В. Фаронов Delphi 5. Руководство программиста. – М.: “Нолидж”, 2001. – 880 с.
11. Офіційний сайт Android Studio [Електронний ресурс]. – Спосіб доступу:URL: <https://developer.android.com/studio/index.html>.
12. The Perfect Platform for Game Developers: Android [Електронний ресурс]. – Режим доступа:<http://www.developer.com/ws/android/client/theperfect-platform-for-gamedevelopers-android.html>.

Надійшла до редколегії 11.10.2023

Схвалена до друку 10.12.2023

Відомості про авторів:

Журавльов Сергій Владиславович

заступник начальника кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1356-5310>

Федоровський Олександр Володимирович

старший викладач кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5016-8926>

Каніщев Олексій Ігорович

старший викладач кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2157-1625>

Information about the authors:

Sergiy Zhuravlov

Deputy Head of Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1356-5310>

Oleksandr Fedorovskiy

Senior lecturer of the Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5016-8926>

Oleksii Kanishchev

Senior lecturer of the Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2157-1625>

CREATION OF SOFTWARE FOR CALCULATIONS OF THE APPLICATION OF UNGUIDED REACTIVE AMMUNITION

S. Zhuravlov, O. Fedorovskiy, O. Kanishchev

In the context of countering the armed aggression of the Russian Federation, to improve the safety of the use of aircraft of the Su-25, and Su-24 types, the method of launching unguided air missiles (UAM) from low altitudes is actively used. To improve the accuracy of hitting ground targets, it is not always correct to use tabular values when preparing for use, especially since they are not available on some types of aircraft. In order to provide assistance to the flight crew in preparing for the tasks when launching the UAM from a cab at low altitudes, the question arose of creating the necessary software that would help at the stage of mastering the appropriate type of aircraft and a mobile version for practical preparation for combat use at operational airfields. The purpose of the research is to create a special mathematical software (SMSS) for calculating the conditions of the combat use of UAM from cabbing for aircraft. The object of the study is the process of launching the UAM from the aircraft. The subject of the study is the SMSS for calculating the conditions of combat use of UAM. As a result of the research, an analysis of the mathematical model of the launch of the UAM from the camber was carried out, where when using the aircraft for the launch of the UAM from the camber, the main parameters are the speed of the aircraft, the launch height, the pitch angle, the calculated data are the flight range of the missile and the probability of its detonation, depending on the angle of entry of the missile. The creation of software for the launch model of unguided aircraft missiles has been substantiated. A SMSS was created for calculating the launch of the S-8 type anti-aircraft missile from camber in the conditions of the enemy's anti-aircraft defense. During training, the flight crew can use the SMSS using Windows OS and Android OS, and the display of output values is possible digital or graphic. If the tactical and technical characteristics of the UAM are available, it is possible to adapt the SMSS to the launch of the UAM, which is in service with NATO countries. It is advisable to use the proposed SMSS for theoretical and practical training of the flight crew during the planning of the combat mission based on the tactical situation. There is a well-founded possibility of reducing time spent on preparation and ensuring safe conditions for launching. It has been proven that the accuracy of the proposed software is theoretically confirmed by the satisfactory coincidence of the results with the results of the tabular data of the use of UAM when launching from helicopters and practical data when using aircraft of the Su-25 type in the conditions of countering the armed aggression of the Russian Federation. Conclusions. The significance of the research lies in the creation of the SMSS, which will improve the quality of training of the flight crew of attack aircraft. This research is especially relevant in the conditions of countering the armed aggression of the Russian Federation until Armed Forces of Ukraine received new samples of aircraft equipment from partner countries.

Keywords: ballistic trajectory, pitch-up, flight crew training, unguided aircraft rockets.