

# Розвиток, бойове застосування та озброєння зенітних ракетних військ

УДК 355.45

М.М. Твердохліб<sup>1</sup>, Н.Ш. Мікайлова<sup>2</sup>, С.М. Піскунов<sup>1</sup>, М.І. Оборонов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

<sup>2</sup>Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

## РОЗРАХУНОК ЗОНИ РОЗСІЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІТАКА, УРАЖЕНОГО ЗЕНІТНОЮ КЕРОВАНОЮ РАКЕТОЮ

*В даній статті запропонована математична модель, за допомогою якої були розраховані представлені зони розсіювання елементів ураженого літака в повітрі. Використаний математичний апарат дозволив врахувати зміну лобового опору об'єкта за рахунок зміни аеродинамічних характеристик внаслідок руйнування елементів корпусу. Урахування даних зон при виборі метода прикриття певного об'єкта дозволять збільшити ефективність захисту об'єкта прикриття від ударів повітряного противника.*

**Ключові слова:** літак, зенітна керована ракета, модель руху елементів ураженого літака, зенітний ракетний комплекс, ефективність прикриття, аеродинамічний об'єкт.

### Вступ

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку міжнародних відносин між країнами важливу роль відіграє підготовленість та боєздатність збройних сил. Крім цього увагу також звертають на ефективність озброєння та її здатність прикрити важливі державні об'єкти від атак з повітря. Даний аспект в підготовці Збройних Сил України (ЗСУ) набув своєї актуальності через активізацію дій терористичних угруповань, терористичні акти яких в переважній більшості спрямовані на нанесення ударів по важливих об'єктах держави.

На даний час в Україні експериментальних досліджень з визначення зон розсіювання елементів ураженого літака зенітною керованою ракетою (ЗКР) практично не проводять по причині недостатнього фінансування, хоча дослідження даних зон забезпечить більш ефективне прикриття об'єктів та зменшить можливі збитки та втрати цивільного населення в разі атаки з повітря на важливі державні об'єкти.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз існуючих робіт по даній тематиці показав, що в даних роботах недостатньо враховані деякі фактори, наприклад зміни аеродинамічних характеристик внаслідок руйнування елементів корпусу та інші. Все це може призвести до отримання помилкових результатів, тобто збільшення або зменшення зон розсіювання.

**Метою статті** є розрахунок та побудова зон розсіювання елементів ураженого літака ЗКР з урахуванням найбільш важливих факторів які можуть впливати на дані зони.

### Викладення основного матеріалу

Для розрахунку зони розсіювання елементів ураженого літака ЗКР необхідно скласти рівняння руху літального апарату в повітрі. Для цього запишемо рівняння руху центру мас літального апарату у разі, коли аеродинамічний об'єкт рухається під впливом сили тяжіння і сили опору повітря, тобто після зустрічі з ЗКР.

При складанні рівнянь руху центру мас аеродинамічного об'єкта зробимо наступні допущення:

1) кут нутації  $\delta$  у весь час руху дорівнює нулю. При цьому допущенні лінія дії сили опору повітря проходить через центр мас аеродинамічного об'єкта і напрям цієї сили протилежний швидкості його руху; отже, поступальний рух аеродинамічного об'єкта можна розглядати як рух матеріальної точки під впливом сили тяжіння і опору повітря;

2) прискорення сили тяжіння постійне по величині і напрямку;

3) атмосферні умови нормальні.

Допущення 2 не вносить погрешності, що має практичне значення при розрахунку траєкторій на відстанях польоту аеродинамічного об'єкта до 50 км, тобто в нашому випадку ці допущення цілком прийнятні.

Таким чином, при зроблених допущеннях аеродинамічного об'єкта можна розглядати як матеріальну точку з масою  $m$ , на яку діють сила тяжіння  $\vec{q}$ , направлена вертикально вниз, і сила опору повітря, направлена убік, зворотно напрямку руху аеродинамічного об'єкта  $V$  (рис. 1).

Розглянемо рух центру мас аеродинамічного об'єкта в довільний момент часу  $t$ .

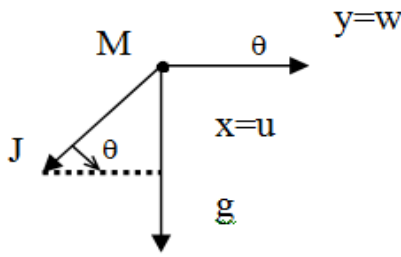


Рис. 1. Дія сили тяжіння та сили опору повітря на аеродинамічний об'єкт

Рівняння руху центру мас аеродинамічного об'єкту може бути представлено у виді:

$$m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{j} = \vec{R} + \vec{q}. \quad (1)$$

Розділивши цей вираз на масу аеродинамічного об'єкта  $m$  і враховуючи, що:

$$\frac{\vec{R}}{m} = \vec{I}; \quad \frac{\vec{q}}{m} = \vec{g},$$

одержимо  $\vec{j} = \vec{I} + \vec{g}, \quad (2)$

де  $\vec{j}$  – вектор повного прискорення центру мас аеродинамічного об'єкту;  $\vec{I}$  – вектор прискорення сили опору повітря;  $\vec{g}$  – вектор прискорення сили тяжіння.

Спроекуємо векторну рівність на осі прямокутної системи координат з початком в точці зустрічі ракети з цілью:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} &= \hat{I} \cdot \cos(\hat{I}, x) = -I \cdot \cos \theta; \\ \ddot{y} &= \hat{I} \cdot \cos(\hat{I}, y) - g = -I \cdot \sin \theta - g. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Беручи до уваги, що

$$I = c \cdot H(y) \cdot F(v, \alpha); \quad \cos \theta = \frac{\dot{x}}{v};$$

отримуємо:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} &= -c \cdot H(y) \cdot F(v, \alpha) \cdot \frac{\dot{x}}{v}; \\ \ddot{y} &= -c \cdot H(y) \cdot F(v, \alpha) \cdot \frac{\dot{y}}{v} - g. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Для вирішення ряду питань балістики зручно користуватися рівняннями руху аеродинамічного об'єкта в природній системі координат, осі які направлені по дотичній і нормалі до траєкторії.

Для отримання цих рівнянь спроекуємо векторну рівність на дотичну  $T$  і на нормаль  $N$  до траєкторії в даній точці  $M$ .

Проектуючи на дотичну, одержимо

$$j_T = -I - g \cdot \sin \theta, \quad (5)$$

а проектуючи на нормаль, отримаємо

$$j_n = -g \cdot \cos \theta. \quad (6)$$

З теоретичної механіки відомо, що проекції вектора прискорення  $\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{j}$  на дотичну  $T$  і на нормаль  $N$  мають наступний вигляд:

$$j_T = \frac{dv}{dt}; \quad j_n = v \cdot \frac{d\theta}{dt}, \quad (7)$$

тобто проекція повного прискорення руху центру мас аеродинамічного об'єкта на дотичну ( $j_m$ ) визначає зміну швидкості руху по модулю, а проекція повного прискорення на нормаль до траєкторії ( $j_n$ ) визначає зміну швидкості аеродинамічного об'єкта по напрямку.

Підставляючи ці значення проекцій повного прискорення в рівняння (7) відповідно і додаючи до них рівняння для визначення координат точок траєкторії, з урахуванням виразу для  $I$ , виведемо наступну систему диференціальних рівнянь руху центру мас аеродинамічного об'єкта:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= -c \cdot H(y) \cdot F(v, \alpha) - g \cdot \sin \theta; \\ \frac{d\theta}{dt} &= -\frac{g \cdot \cos \theta}{v}; \\ \frac{dx}{dt} &= v \cdot \cos \theta; \\ \frac{dy}{dt} &= v \cdot \sin \theta. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Використання даного математичного апарату дозволило враховуючи зміну лобового опору об'єкта за рахунок зміни аеродинамічних характеристик внаслідок руйнування елементів корпусу розрахувати та побудувати для літака Як-40 траєкторії падіння уламків (рис. 2) та зону розсіювання елементів ураженого літака після влучення в нього ЗКР (рис. 3).

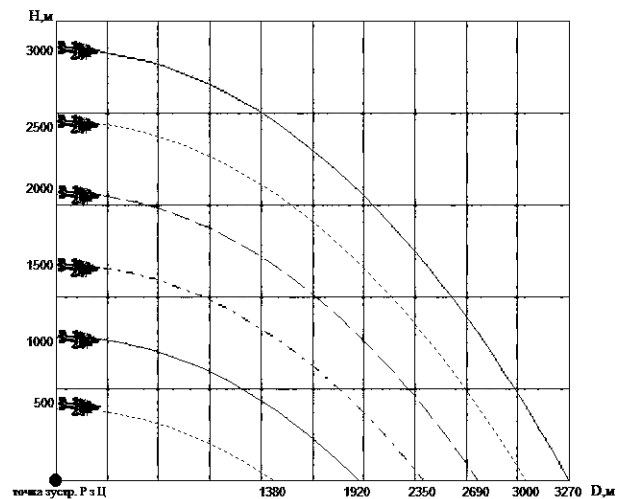


Рис. 2. Траєкторія польоту уламків Як-40 після влучення в нього ЗКР

Також за допомогою даної математичної моделі було проведено розрахунки та побудову зони розсіювання елементів літака, який був уражений зенітною керованою ракетою, враховуючи різні можливі висоти та швидкості польоту Як-40. Результати розрахунків наведені на рис. 4.

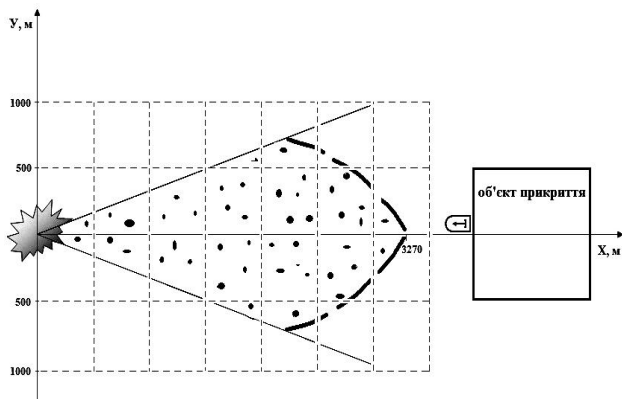


Рис. 3. Зона розсіювання елементів літака Як-40 після влучення в нього ЗКР

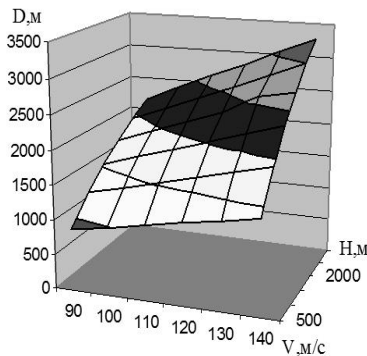


Рис. 4. Зона розсіювання елементів Як-40 після ураження його ЗКР

## Висновки

Запропонований в даній статті математичний апарат та математична модель дозволять розрахувати та будувати зони розсіювання елементів будь-яких літаків, котрі можуть бути уражені зенітною керованою ракетою.

Надійшла до редколегії 2.02.2012

**Рецензент:** канд. техн. наук проф. В.М. Закорюкін, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## РАСЧЕТ ЗОНЫ РАССЕЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ САМОЛЕТА, ПОРАЖЕННОГО ЗЕНИТНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ РАКЕТОЙ

Н.Н. Твердохлеб, Н.Ш. Михайлова, С.Н. Пискунов, Н.И. Оборонов

В данной статье предложена математическая модель, с помощью которой были рассчитаны зоны рассеивания пораженного самолета в воздухе. Используемый математический аппарат позволил учесть изменение лобового сопротивления объекта за счет изменения аэродинамических характеристик, вследствие разрушения элементов корпуса. Учет данных зон при выборе метода прикрытия определенного объекта позволит увеличить эффективность защиты объекта прикрытия от ударов воздушного противника.

**Ключевые слова:** самолет, зенитная управляемая ракета, модель движения элементов пораженного самолета, зенитный ракетный комплекс, эффективность прикрытия, аэродинамический объект.

## CALCULATION OF AREAS OF PLANE SCATTERING ELEMENTS SAM

N.N. Tverдохлеб, N.S. Mikaylova, S.N. Piskunov, N.I. Oboronov

This article presents the elements of the affected zone dispersion plane in the air and the mathematical model with which they were calculated. Used a mathematical machines allowed to take into account changes in the drag of the object due to changes in aerodynamic characteristics due to destruction of elements of the case. Accounting for these areas when choosing a method of covering a particular object will increase the effectiveness of the protection cover an object of the enemy air attacks.

**Keywords:** aircraft, air defense guided missile, a model of motion of the affected elements of the aircraft, air defense missile system, the effectiveness of cover, aerodynamic object.