

---

УДК 621.396

А.К. Шейгас

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭЛЕМЕНТЫ ТРАЕКТОРИИ БОМБЫ: УЧЕТ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМАХ БОМБОМЕТЕНИЯ

*Бомбометание по наземным и морским целям осуществляется, как правило, в условиях неточной информации для качественного выполнения боевой задачи и существенного упрощения моделей. Проведен анализ условий бомбометания, рассмотрены ограничения и допущения. Определено, что данные условия не выполняются в действительности. Определено влияние ветра и характеристического времени бомбы. Проанализированы баллистические таблицы. Указаны ограничения при использовании баллистических таблиц. Установлена природа неопределенности факторов влияния. Предложено описать природу их неопределенности с помощью нечеткой математики.*

**Ключевые слова:** наземная цель, бомбометание, баллистика, траектория, баллистический коэффициент, баллистические качества, бомба.

### Введение

**Постановка проблемы.** Как известно, бомбометание представляет собой двуединое понятие. С одной стороны, это – вид боевого воздействия авиации, а с другой, – прикладная военная наука [1].

Рассматривая теоретические основы и методику применения авиационных бомб, исследователи выделяют такие основные разделы прикладной науки:

- баллистику авиационной бомбы;
- теорию прицеливания;
- точность бомбометания;
- собственно выполнение бомбометания.

Естественно, что прикладная наука развивается не сама ради себя. Она имеет целью выдачу научно обоснованных рекомендаций штурману для качествен-

ного практического воздействия авиации по наземным целям.

Так, при решении задач баллистики авиационной бомбы основной упор делается на разработку методов расчета элементов траектории движения авиационной бомбы. Для этого при составлении баллистических таблиц принимаются некоторые ограничения:

– продольная ось бомбы совпадает с касательной к траектории, т. е. с вектором скорости движения бомбы; колебания бомбы вокруг центра масс отсутствуют;

– отсутствует сила Кориолиса, т. е. считается, что отсутствует вращение Земли;

– отсутствует ветер, т. е. атмосфера неподвижна относительно Земли.

Дополнительные перемещения бомбы под воздействием ветра или под влиянием силы Кориолиса приводят к усложнению решения основной задачи баллистики. Традиционно движение бомбы рассматривается в безвоздушном пространстве. Траектория ее движения представляет собой параболу с вершиной в точке сбрасывания бомбы:

$$y = gx^2 / (2v_0^2). \quad (1)$$

Если  $A$  – относ бомбы, а  $T$  – время ее падения, то:

$$A = v_0 T; \quad T = \sqrt{2H/g}. \quad (2)$$

Таким образом, уравнения (2) показывают, что в безвоздушном пространстве форма траектории бомбы не зависит от ее геометрических и весовых параметров. Она определяется только начальной скоростью бомбы и высотой ее сброса. Следовательно, необходимо оценить влияние силы сопротивления воздуха, характеристического времени и ветра на траекторию бомбы.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Принятие обоснованных решений на применение бомб по наземным целям определяется характером объектов воздействий, поставленной боевой задачей и имеющимися средствами поражения. Вопросы баллистики авиационных бомб подробно рассмотрены в работе [2]. Однако вопросы учета трудно формализуемых факторов в процессе бомбометания в них не рассматриваются.

**Цель статьи.** Анализ трудно формализуемых факторов, влияющих на процесс бомбометания.

### Основной материал

На бомбу, движущуюся в воздушном пространстве, действуют силы тяжести и сопротивления воздуха [1]. При этом величина силы сопротивления воздуха линейно зависит от коэффициента сопротивления  $C_x$ , который, в свою очередь, определяется формой бомбы и скоростью ее движения.

Коэффициент сопротивления  $C_x$  определяется экспериментально путем продувки бомбы в двух-трех точках в аэродинамической трубе при различных скоростях обтекания. Сравнив полученное значение коэффициента сопротивления  $C_x$  с коэффициентом сопротивления эталонной бомбы  $C_{x_{эт}}$ , определяют коэффициент формы  $i$  для данной бомбы:

$$i = C_x / C_{x_{эт}}. \quad (3)$$

Ускорение силы сопротивления  $I$  выражается через значение силы сопротивления и массу бомбы:

$$I = \frac{R}{m} = \frac{C_x \frac{\pi d^2}{4} \rho \frac{v^2}{2}}{m} = \frac{id^2}{G} 10^3 \rho \frac{\pi v^2 g C_{x_{эт}}}{8} 10^{-3}, \quad (4)$$

где  $(id^2/G) \cdot 10^3 = C$  – баллистический коэффициент;  $\rho$  – массовая плотность воздуха;

$(\pi v^2 g C_{x_{эт}} / 8) \cdot 10^{-3} = F$  – функция закона сопротивления воздуха. Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Форма траектории бомбы зависит не только от скорости и высоты бомбометания, но и от баллистических качеств бомбы.

2. Баллистические качества бомбы улучшаются с уменьшением диаметра и коэффициента формы бомбы и увеличением ее массы.

3. Траектория бомбы представляет собой баллистическую кривую, имеющую в каждой точке радиус кривизны меньший, чем соответствующий радиус кривизны параболы.

4. Горизонтальная составляющая ускорения бомбы всегда отрицательна. Следовательно, горизонтальная составляющая скорости бомбы непрерывно уменьшается.

5. Вертикальная скорость бомбы, сброшенной в воздухе, возрастает быстрее, чем это было бы при падении в пустоте. Когда сила сопротивления воздуха уравновесит силу тяжести бомбы, скорость падения бомбы достигнет своего максимума. При этом значение предельной скорости бомбы рассчитывается из предположения, что скорость, которую достигла бы бомба, падая с достаточно большой высоты при постоянной плотности воздуха, равна плотности воздуха у земли.

Однако данная посылка не совсем верна. Более того с увеличением высоты бомбометания разность в плотности воздуха отличается весьма сильно, и относ бомбы, полученный с учетом введенной гипотезы, будет отличаться от расчетного.

В практическом бомбометании баллистические качества бомбы характеризуются временем падения бомбы, сброшенной при строго определенных условиях полета. Данное время зависит от высоты и скорости сброса, плотности воздуха, сопротивления воздуха, баллистического коэффициента бомбы и ряда других факторов, многие из которых трудно формализуемы. Вполне естественно, что характеристическое время, являясь функцией многих переменных, зачастую неопределенных, находится по упрощенным алгоритмам. Так, расчет характеристического времени бомбы производится при строго фиксированных значениях высоты и скорости, закон сопротивления воздуха задается постоянным коэффициентом. В результате характеристическое время зависит только от баллистического коэффициента и полностью характеризует баллистические качества боеприпаса.

Современные авиационные бомбы имеют характеристическое время, равное 20,25...30,0 с. Меньшее характеристическое время свидетельствует о лучших баллистических качествах бомбы. Такой большой разброс рассчитываемого параметра (практически 30%) показывает о недостаточной его точности для определения боевой эффективности применения той или иной бомбы.

Осуществляя бомбометание, штурман рассчитывает прицельные данные. Для этого при заданных высоте и скорости бомбометания он должен знать время падения, угол отставания и отставание, окончательную скорость и окончательный угол падения. Все необходимые параметры рассчитаны заранее и сведены в баллистические таблицы.

Баллистические таблицы содержат данные для бомбометания, рассчитанные для следующих диапазонов входных параметров: истинной скорости бомбометания (0...4000 км/ч); истинной высоты бомбометания (20...40000 м); характеристического времени бомб (20,25...30,0 с). Кроме того, все элементы траектории в таблицах рассчитаны для точки падения бомбы, которая находится на уровне моря. Понятно, что большинство случаев применения бомб осуществляется по наземным целям, находящимся выше уровня моря. Для получения более точных данных для прицеливания используется не фактическое, а фиктивное характеристическое время бомбы. Фиктивное характеристическое время всегда меньше фактического. Оно позволяет несколько компенсировать ошибку, вызванную тем, что траектория бомбы лежит в менее плотных слоях атмосферы.

Кроме того на эффективность применения авиационных бомб серьезное влияние оказывает ветер. Обычно все расчеты проводятся для случая сброса бомб в пустоте и при безветрии. Обычно вектор ветра изменяется с изменением высоты. Однако такое изменение ветра оказывает незначительное влияние на траекторию бомбы. Поэтому принято упрощение: ветер постоянен во всех слоях атмосферы, лежащих ниже самолета, и по направлению и скорости равен ветру на высоте бомбометания. Значит, если на самолет и бомбу влияет ветер, то ее траектория отличается от траектории в штилевых условиях.

Постоянный ветер в слое бомбометания приводит к боковому отбросу (боковому смещению) им и(или) отбросу (продольному отбросу) бомбы.

Необходимо учесть, что время падения бомбы не зависит от перемещения воздушных масс (ветра),

а определяется только условиями бомбометания – высотой и скоростью летательного аппарата. Ветер (его направление и скорость) оказывают влияние только на величину отброса бомбы. Таким образом, отмеченные факторы в той или иной мере влияют на прицеливание при бомбометании.

## Выводы

1. Прицельные схемы строятся для каждого способа бомбометания, для бомбометания с различными видами прицелов и для различных условий бомбометания.

2. При рассмотрении прицельных схем приняты серьезные допущения и гипотезы, позволяющие упростить процедуру определения необходимых параметров бомбометания.

3. Влияние разнообразных внешних факторов в процессе прицеливания учитывается в прицеле. Однако многие факторы характеризуются неопределенностями стохастической и нестохастической природы, интервальными значениями показателей, качественными значениями.

4. Перспективным направлением исследований представляется определение факторов, которые носят зачастую качественный характер, трудно формализуемы. Необходимо описать природу их неопределенности и представить с помощью аппарата нечеткой математики.

## Список литературы

1. Тимофеев В.Д. Самолетовождение и бомбометание: учебник / В.Д. Тимофеев. – М.: Воениздат, 1979. – 480 с.
2. Сборник задач по бомбардировочному вооружению и его боевому применению / под ред. Э.Д. Лулева. – Ворошиловград: ВВАУШ, 1985. – 82 с.

Поступила в редколлегию 23.07.2014

**Рецензент:** д-р воен. наук, проф. Г.А. Дробаха, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕЛЕМЕНТИ ТРАЄКТОРІЇ БОМБИ: ВРАХУВАННЯ В ПЕРСПЕКТИВНИХ СИСТЕМАХ БОМБОКИДАННЯ

О.К. Шейгас

*Бомбокидання по наземних і морських цілях здійснюється, як правило, в умовах неточної інформації для якісного виконання бойового завдання й істотного спрощення моделей. Проведений аналіз умов бомбокидання, розглянуті обмеження і допущення. Визначено, що дані умови у дійсності не виконуються. Визначений вплив вітру і характеристичного часу бомби. Проаналізовані балістичні таблиці. Вказані обмеження при використанні балістичних таблиць. Встановлена природа невизначеності чинників впливу. Запропоновано описати природу їх невизначеності за допомогою нечіткої математики.*

**Ключові слова:** наземна ціль, бомбокидання, балістика, траєкторія, балістичний коефіцієнт, балістичні якості, бомба.

## FACTORS, INFLUENCING ON ELEMENTS OF TRAJECTORY OF BOMB: ACCOUNTING IN PERSPECTIVE BOMBING SYSTEMS

O.K. Sheygas

*Bombing on surface and marine aims is carried out, as a rule, in the conditions of inexact information for the high-quality performance of battle objective and substantial simplification of models. The analysis of terms of bombing is conducted, limitations and assumptions are considered. It is certain that these terms are not executed in actual fact. Influencing of wind and characteristic time of bomb is certain. Ballistic tables are analyzed. Limitation at the use of ballistic tables are indicated. The type of vagueness of influencing factors is set. It is suggested to describe a vagueness of factors by unclear mathematics.*

**Keywords:** surface aim, bombing, ballistics, trajectory, ballistic coefficient, ballistic qualities, bomb.