

Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*

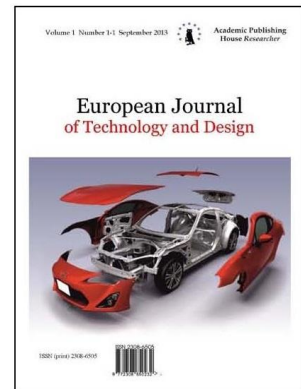
Published in the Russian Federation  
European Journal of Technology and Design  
Has been issued since 2013.

ISSN: 2308-6505

E-ISSN: 2310-3450

Vol. 6, No. 4, pp. 173-175, 2014

DOI: 10.13187/ejtd.2014.6.173

[www.ejournal4.com](http://www.ejournal4.com)

UDC 533.6

### Comparison of Analytical Methods for Calculating of Subsonic Aerodynamic Submunitions Standard Arrow

Timofey A. Kasatkin

Izhevsk State Technical University, Russian Federation  
E-mail: timofeykasatkin@mail.ru

#### Abstract

There was carried out the comparative analysis of the aerodynamic calculation methods S.N. Khramov, N.F. Krasnov, A.A. Lebedev and L.S. Chernobrovkin. Shown that the example of the ARROW's standard form technique by S.N. Khramov gives overestimated results due to accounting double bottom resistance in the range of  $M = 0.1...0.9$  and techniques of N.F. Krasnov considering compressibility and without compressibility flow yielded nearly the same result.

**Keywords:** aerodynamics; drag coefficient; feed; head; bottom; plumage; chord; console.

#### Введение

Аэродинамический расчет является необходимой частью проектирования поражающих элементов стрелково-артиллерийского и ракетного вооружения. Традиционно в учебниках по аэродинамике кроме фундаментальных уравнений в частных производных, с помощью которых можно определить аэродинамические коэффициенты, содержится упрощенные аналитические методики, позволяющие с достаточной степенью точности решить эту задачу уже на ранних стадиях проектирования новых изделий. Однако как показал анализ, сопротивление на дозвуковом диапазоне скоростей обычно определяется очень упрощенно, поскольку он минимальным образом влияет на баллистические характеристики.

Задачей данного исследования стало проведение информационного поиска на предмет поиска методик дозвукового аэродинамического расчета и сравнение их с данными эксперимента на примере стандарта формы ARROW [1]. Были проведены расчеты по методикам А.А. Лебедева и Л.С. Чернобровкина [3], Н.Ф. Краснова [4], С.Н. Храмова [5], для дозвукового режима полета ЛА.

#### Результаты

Сравнение моделей с экспериментом показало, что все они дают завышенные результаты (рис. 1). При этом максимально завышает результат методика С.Н. Храмова. Поскольку в ее основе лежит более ранняя методика С.И. Зонштайна [2, 6], не учитывающая донное сопротивление, можно сделать вывод, что методика С.Н. Храмова учитывает его два раза.

При расчете по методике Н.Ф. Краснова, он рекомендует принимать в первом приближении  $Re_{кр} = 10^6$ , что сильно завышает результат при  $M < 0,2$ . Однако если принять

$Re_{кр} = 3,7 \cdot 10^4$ , по рекомендации С.И. Зонштайна [2], результат более приближается к экспериментальным данным (рис. 1). Поскольку Н.Ф. Краснов рекомендует две разные методики с учетом сжимаемости и без учета сжимаемости потока, расчеты показали, что они дают практически одинаковый результат.

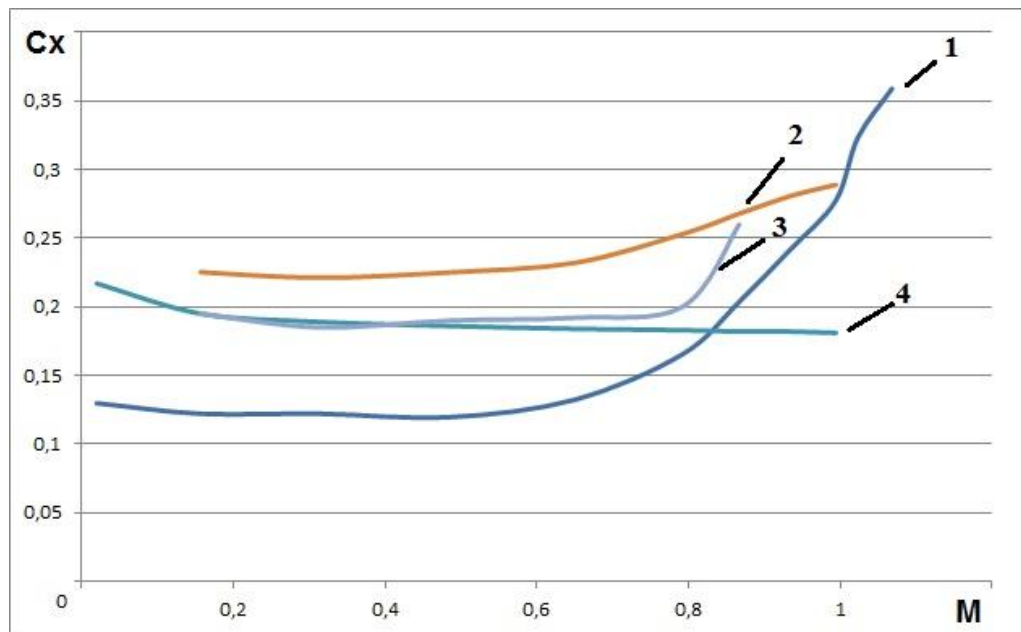


Рис. 1. Сравнение эксперимента (1) с методиками С.Н. Храмова (2), А.А. Лебедева и Л.С. Чернобровкина (3) и Н.Ф. Краснова (4)

### Заклучение

Расчеты на примере стандарта формы Arrow, выполненные по методикам Лебедева-Чернобровкина, Краснова и Храмова, показали, что все они дают завышенные результаты для дозвукового диапазона скоростей. Таким образом, для расчета аэродинамического сопротивления в этом скоростном диапазоне требуются новые методики [7, 8]. Основные результаты работы были опубликованы [9, 10].

### Примечания:

1. AMCP 706-242. Engineering Design Handbook: Design For Control Of Projectile Flight Characteristics (26-SEP-1966).
2. Белов Г.В. Основы проектирования ракет [текст] / Г.В. Белов, С.И. Зонштайн, А.П. Оскерко. М.: Машиностроение, 1974. 256 с.
3. Лебедев А.А. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов [текст] / А.А. Лебедев, Л.С. Чернобровкин. М.: Машиностроение, 1973. 616 с.
4. Прикладная аэродинамика [текст] / Под ред. Н.Ф. Краснова. М.: Высшая школа, 1974. 732 с.
5. Храмов С.Н. Методические указания к аэродинамическому расчету [текст]. Ижевск, 1981. 24 с.
6. Митюков Н.В. Идентификация аэродинамических параметров дозвуковых поражающих элементов // Вестник КИГИТ. 2013. № 1 (31). С. 56–63.
7. Митюков Н.В. Имитационное моделирование в военной истории. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 280 с. (Синергетика в гуманитарных науках). (ISBN 978-5-382-00068-8).
8. Mitiukov N.V., Ganzy Y.V., Busygina E.L. Identification of Subsonic Aerodynamic Parameters Damaging Elements // European Journal of Technology and Design. 2014. Vol. 4. № 2. P. 81–85.

9. Касаткин Т.А. Сравнительный анализ некоторых методик аэродинамического расчета летательного аппарата на дозвуковом диапазоне скоростей // Новый университет. Сер. Технические науки. 2014. № 7–8. С. 52–64. (DOI: 10.15350/2221-9552.2014.7-8.0010)
10. Kasatkin T.A. i in. Porównanie technik analitycznych poddźwiękowej obliczeń pocisków aerodynamicznych // Nauka: teoria i praktyka – 2014: Materiały X Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji (Przemysł, 7–15 sierpnia 2014 roku). Vol. 7. Techniczne nauki. Przemysł: Nauka i studia, 2014. S. 16–18.

### References:

1. AMCP 706-242. Engineering Design Handbook: Design For Control Of Projectile Flight Characteristics (26-SEP-1966).
2. Belov G.V. Osnovy proektirovaniya raket [tekst] / G.V. Belov, S.I. Zonshtain, A.P. Oskerko. M.: Mashinostroenie, 1974. 256 p.
3. Lebedev A.A. Dinamika poleta bespilotnykh letatel'nykh apparatov [tekst] / A.A. Lebedev, L.S. Chernobrovkin. M.: Mashinostroenie, 1973. 616 p.
4. Prikladnaya aerodinamika [tekst] / Pod red. N.F. Krasnova. M.: Vysshaya shkola, 1974. 732 p.
5. Khramov S.N. Metodicheskie ukazaniya k aerodinamicheskomu raschetu [tekst]. Izhevsk, 1981. 24 p.
6. Mityukov N.V. Identifikatsiya aerodinamicheskikh parametrov dozvukovykh porazhayushchikh elementov // Vestnik KIGIT. 2013. № 1 (31). P. 56–63.
7. Mityukov N.V. Imitatsionnoe modelirovanie v voennoi istorii. M.: Izd-vo LKI, 2007. 280 s. (Sinergetika v gumanitarnykh naukakh). (ISBN 978-5-382-00068-8).
8. Mitiukov N.V., Ganzy Y.V., Busygina E.L. Identification of Subsonic Aerodynamic Parameters Damaging Elements // European Journal of Technology and Design. 2014. Vol. 4. №2. P. 81–85.
9. Kasatkin T.A. Sravnitel'nyi analiz nekotorykh metodik aerodinamicheskogo rascheta letatel'nogo apparata na dozvukovom diapazone skorostei // Novyi universitet. Ser. Tekhnicheskie nauki. 2014. № 7–8. S. 52–64. (DOI: 10.15350/2221-9552.2014.7-8.0010)
10. Kasatkin T.A. i in. Porównanie technik analitycznych poddźwiękowej obliczeń pocisków aerodynamicznych // Nauka: teoria i praktyka – 2014: Materiały X Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji (Przemysł, 7–15 sierpnia 2014 roku). Vol. 7. Techniczne nauki. Przemysł: Nauka i studia, 2014. P. 16–18.

УДК 533.6

### Сравнение аналитических методик аэродинамического расчета дозвуковых поражающих элементов со стандартом Arrow

Тимофей Андреевич Касаткин

Ижевский государственный технический университет, Российская Федерация  
E-mail: timofeykasatkin@mail.ru

**Аннотация.** В работе проведен сравнительный анализ методик аэродинамического расчета С.Н. Храмова, Н.Ф. Краснова, А.А. Лебедева и Л.С. Чернобровкина. Показано что на примере стандарта формы ARROW методика С.Н. Храмова дает завышенные результаты из-за двукратного учета донного сопротивления в диапазоне  $M = 0,1...0,9$ , а методики Н.Ф. Краснова с учетом сжимаемости и без учета сжимаемости потока дают практически одинаковый результат.

**Ключевые слова:** аэродинамика; коэффициент сопротивления; корма; головная часть; днище; оперение; хорда; консоль.