

ЗАКОНЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ДОЗВУКОВЫХ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

© 2012 Ю. В. Ганзий, И. В. Романенко, Н. В. Митюков, Е. Л. Бусыгина

Ижевский государственный технический университет, Ижевск
Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, Ижевск

Работа посвящена определению коэффициента аэродинамического сопротивления типовых поражающих элементов на примере стрелы и сферы. В среде ANSYS CFX произведен расчет и сравнение с экспериментальными опубликованными данными.

Ключевые слова: аэродинамика, поражающие элементы, дозвуковое обтекание, сфера, стрела.

В настоящее время в производстве находятся некоторые образцы оружия, использующие дозвуковые поражающие элементы. Это, в первую очередь, стрелы, использующиеся для боевых (у антитеррористических подразделений), спортивных и охотничьих луков и арбалетов, а также круглые пули – резиновые дробинки для пневматического оружия или шарики с краской оружия для пинбола или страйкбола.

Между тем, как показало проведенное исследование, в литературе отсутствуют хорошие методики для расчета аэродинамики этих тел. Универсальные методики, как правило, адаптированы для расчетов сверхзвукового диапазона коэффициента сопротивления, поскольку он является определяющим в механике полета этих тел. Как удалось установить, дозвуковой диапазон скоростей в них определен "по остаточному принципу" и дает существенное расхождение с имеющимися экспериментальными данными [1].

Аэродинамика стрелы

Теория спортивных метаний в качестве основного аргумента аэродинамических функций предполагает использование угла атаки α . При этом считается, что от скорости коэффициент аэродинамического сопротивления c_x зависит слабо. Судя по исследованиям В.Н. Тутевича, при $\alpha = 0$ $c_x \approx 2$ [2].

С другой стороны, при проведении баллистических экспериментов с репликой лука и стрел народа Ханты, авторами было

экспериментально установлено, что они имеют неплохую сходимость с расчетными данными при $c_x \approx 2$ [3].

Поскольку надежные аналитические методики расчета c_x на дозвуковых скоростях отсутствуют, это определило проведение серии аэродинамических расчетов в среде ANSYS CFX с целью построения удовлетворительной методики расчета этих поражающих элементов.

На рис. 1 приведена зависимость коэффициента c_x от числа M для стрелы типа Predator 2 фирмы Carbon express. Видно, что зависимость нелинейная, на малых числах M достигающее значение $c_x > 2,0$.

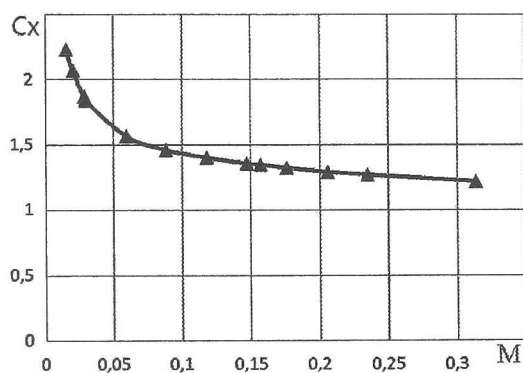


Рис. 1. Коэффициент аэродинамического сопротивления стрелы

Для доказательства расчетных данных было решено провести серию экспериментов. Поскольку ранее использовавшийся в наших экспериментах хантыйский лук был произведен с целью достижения максимальной копейности, это исключало большие возможности для экспериментов, в частности, стрельбу современными стрелами. Все это

предопределило изготовление стального лука, параметры которого могут варьироваться гораздо шире (рис. 2). Характеристики лука следующие: материал – сталь 50ГХА; общая длина лука – 1700 мм; длина одного плеча – 780 мм; толщина плеча – 4 мм; толщина рукояти – 10 мм; материал тетивы – кевларовая нить; максимальная сила натяжения – 0,167 кН (17 кгС); максимальный ход тетивы – 700 – 750 мм.

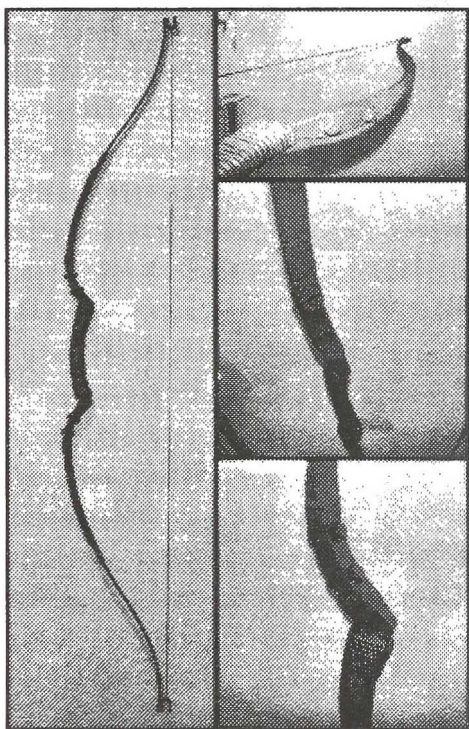


Рис. 2. Экспериментальный лук

Ранее авторами была предложена методика по определению максимальной скорости при сходе с тетивы [3], которая для параметров изготовленного лука определяется как 82 м/с. Для уточнения значений скорости схода при разных силах натяжения тетивы был использован баллистический регистратор скорости РС-4М тира Ижевского государственного технического университета.

По заявленным производителем характеристикам, нижний предел регистрации скорости составляет 60 м/с, что ниже скорости достигаемой при стрельбе из лука. Однако, как удалось установить в ходе экспериментов, приборы данной серии непригодны для регистрации стрелы. Вероятно, это происходит из-за того, что оперение дает повторный сигнал

на датчик, из-за чего идет сообщение об ошибке.

Для подтверждения корректности аэродинамических расчетов была проведена серия баллистических экспериментов. В них фиксировалась дальность полета стрелы при заданных начальных углах возвышения и силы натяжения. После этого расчетами определялся коэффициент c_x , соответствующий минимальному расхождению экспериментальных данных. В целом, эксперименты подтвердили правильность определения c_x .

Аэродинамика сферы

В настоящее время существует множество зависимостей, описывающих аэродинамические параметры сферы: закон Стокса, закон Озеена и др. [4]. Однако, как правило, они были получены при движении пузырьков, капель или конденсированных частиц в потоке [5]. Однако такого рода объекты обычно движутся в вязких средах, а потому в них определяющим является число Re , причем, как правило, существенно докритическое. Пересчет этих зависимостей для вязкости атмосферного воздуха, дало скорости порядка нескольких метров в секунду, что также не может быть удовлетворительным для описания движения упомянутых пуль.

С другой стороны, существующие законы сопротивления круглых пуль (американский закон "Sphere", закон Релея и др.), как было указано выше, адаптированы для трансзвуковых скоростей. Кроме того, особенности стрельбы гладкоствольным оружием предполагают наличие вращения пули в полете. Но в данном случае, в отличие от традиционного нарезного оружия, вектор угловой скорости направлен перпендикулярно плоскости стрельбы.

Все это в итоге предопределило использование пакета ANSYS CFX для расчета аэродинамики сферических пуль. На рис. 3 приведены результаты расчетов в сравнении с американским законом сопротивления "Sphere" [6].

Как видно из расчетов, расчет с моделью турбулентностью $k-\epsilon$ и закон

сопротивления "Sphere" совпадают при $M > 0,7$, о чем уже говорилось выше.

Соображения, по которым результаты расчета в ANSYS CFX выглядят достовернее закона "Sphere" следующие. Во-первых, расчет довольно точно описывает топологию потока, то есть точку отрыва потока на задней стенке сферы. А во-вторых, при увеличении разрешения по оси c_x наглядно видны некоторые характерные процессы, определяющие режимы обтекания (рис. 4). Установлено, что дозвуковой диапазон скоростей можно разделить на несколько этапов: убывание c_x при ламинарном обтекании (до $M = 0,1$); небольшое возрастание при переходных Re ($M = 0,10 \dots 0,15$), дальнейшее снижение c_x при небольшой турбулентности ($M = 0,15 \dots 0,40$), повышение c_x при развитой турбулентности и сильное повышение c_x при трансзвуковых скоростях.

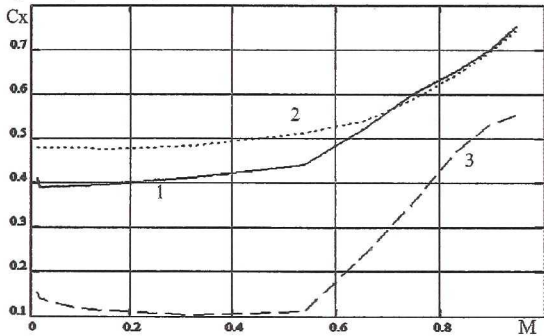


Рис. 3. Коэффициент аэродинамического сопротивления для сферы: 1 – расчет в ANSYS CFX с моделью турбулентности $k-\epsilon$; 2 – закон сопротивления "Sphere"; 3 – расчет в ANSYS CFX с моделью турбулентности SST

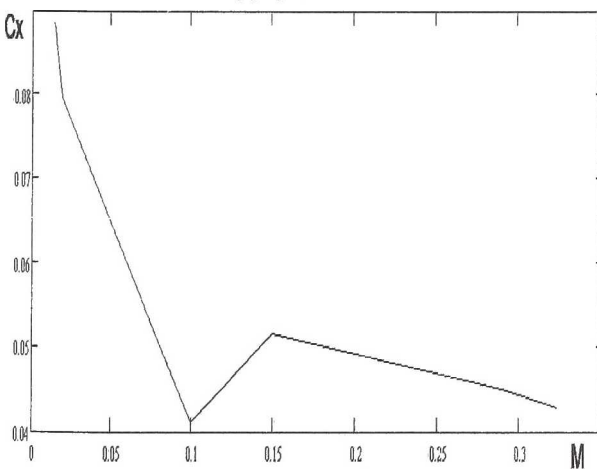


Рис. 4. Коэффициент аэродинамического сопротивления для сферы для малых M

Кроме того, установлено, что при наличии подкручивания пули «под себя» c_x

возрастает, а в противоположном направлении – снижается.

Выводы

1. Результаты расчетов, произведенные в ANSYS CFX, верифицированные на доступных материалах позволяют утверждать, что коэффициент аэродинамического сопротивления стрелы убывает в диапазоне до $M = 0,3$, достигая максимального значения около 2,5.

2. Результаты расчетов, произведенные в ANSYS CFX, верифицированные на доступных материалах позволяют утверждать, что коэффициент аэродинамического сопротивления сферы ниже значений закона сопротивления "Sphere" в среднем на 20% в диапазоне $M = 0 \dots 0,6$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганзий Ю.В., Нагуманов А.Ш., Митюков Н.В. Исследование аэродинамических характеристик снаряда при активном старте // Перспективные информационные технологии для авиации и космоса» (ПИТ-2010): Тр. между. конф. с элементами научной школы для молодежи (Самара, 29 сентября–1 октября 2010 г.). – Самара: Изд-во СГАУ, 2010. – С. 502–504.
 2. Тугевич В.Н. Теория спортивных метаний. – М.: Физкультура и спорт, 1969. – 312 с.
 3. Денисов С.А., Коробейников А.В., Митюков Н.В. Экспериментальная проверка реконструированного лука // Вестник Ижевского государственного университета. – 2008. – № 4. – С. 15–18.
 4. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Течения газа с частицами. – М.: Физматлит, 2008. – 600 с.
 5. Семакин Ю.А., Митюков Н.В. Моделирование гидродинамических процессов в газонасыщенном потоке // Вестник Ижевского государственного университета. – 2001. – № 1. – С. 64–67.
 6. Jurens W.R. Exterior Ballistic with Microcomputers // Warship International. – 1984. – № 1. – P. 49–72.
- Drag function for the some striking element on subsonic velocity

Yu. V. Ganziy, I.V. Romanenko, N.W. Mitiukov, E.L. Busygina

Kama's Institute of Humanities and Engineering technologies, Izhevsk

The work is devoted to the definition of drag coefficient model submunitions on the

example of the arrow and the sphere. In a medium of ANSYS CFX been calculated and compared with experimental data published.

Keywords: Aerodynamics, submunitions, subsonic flow, sphere, arrow.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГТД

© 2012 А.М. Гареев, В.В. Карташова, О.В. Коннова

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), Самара

IMPROVING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF GTE MAINTENANCE

© 2012 A.M. Gareev, V.V.Kartashova, O. V. Konnova

The problem of providing efficiency and safe operation of aircraft gas turbine engines (GTE) in the current state of civil aviation is becoming increasingly important. The introduction in aircraft maintenance of proactive technology condition monitoring of oil, as a method of early diagnosis of GTE will reveal faults in the initial stage of their development.

Проблема обеспечения эффективности и безопасности эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) в условиях современного состояния гражданской авиации становится всё более актуальной. Внедрение в оперативное обслуживание авиационной техники (АТ) упреждающей технологии контроля состояния масла, как метода ранней диагностики ГТД позволит выявить неисправности в начальной стадии их развития.

Существующие в настоящее время методики оценки состояния масляной системы являются малоэффективными для использования в рамках технологии упреждающего технического обслуживания (ТО), так как отличаются низкой степенью автоматизации, а технологические процессы ТО АТ складываются в большинстве своем как совокупность определенных операций по обслуживанию отдельных агрегатов и систем, для замера которых требуются сложные и дорогостоящие приборы. Для высококачественного обслуживания АТ и поддержания ее в исправном состоянии требуется разработка новых методов контроля.

В рамках практической реализации и экспериментальной обработки была спроектирована установка (рис. 1) и в программной среде Labview компании National Instruments разработан интерфейс позволяющий осуществлять целевое функционирование установки по комплексному анализу масел при подключении данной установки к ГТД через модуль РХІ-1050. Принцип работы установки основан на эталонировании и заключается в сравнении параметров анализируемого масла с заданными. Датчик анализатор и ИК-Фурье спектрометр в автоматическом режиме проводят анализ пробы жидкости и выдают результат анализа на интерфейс NI, где формируется полный отчет по пробе: класс чистоты жидкости, количество частиц загрязнения по размерным фракциям в соответствии с ГОСТ 17216-2001, кислотность и вязкость анализируемого масла.

1-насос ручной; 2-обратный клапан; 3-реле давления; 4-лазерный датчик-анализатор загрязнения жидкости; 5-ИК Фурье-спектрометр; 6-датчик давления; 7-клапан предохранительный; 8-