

8. Зинин А. М., Кирсанова Л. З. Криминалистическая фотопортретная экспертиза : учеб. пособие / под ред. В. А. Снеткова, З. И. Кирсанова. – М. : ВНКД МВД СССР, 1991. – 88 с.

9. Solovyova A. N., Kuchuganov A. V. Using Contours and Colour Region Boundaries of Photographs in Sculptural Portrait Design // Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Conference on Computer Graphics and Vision "GraphiCon'2009". – P. 315–316.

A. V. Kuchuganov, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A. N. Solovyova, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

### Image Content Description by Restricted Natural Language

The paper describes a method for automatic image verbalization by means of constructing and filling a fuzzy conceptual graph that represents geometric concepts and relations. The conversion of the recognition results to the verbal description of the image is simplified by using linguistic variables to describe the nodes and the arcs of the graph. The method is implemented in a software system of verbal description synthesis using the face and the profile photographs of a person.

**Key words:** verbal description, image verbalization, linguistic variables, fuzzy weighed graph.

УДК 517.958:52/59

Ю. В. Ганзий, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

М. М. Салахов, студент, Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, Ижевск

Н. В. Митюков, доктор технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Е. Л. Бусыгина, кандидат физико-математических наук, Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, Ижевск

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СТРЕЛЫ

Работа посвящена определению коэффициента аэродинамического сопротивления поражающего элемента типа стрелы. В среде ANSYS CFX произведен расчет и сравнение с экспериментальными данными.

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

Как правило, при моделировании полета снарядов и ракет участком, определяющим важнейшие внешнебаллистические параметры (дальность, кучность и прочие), является область высоких скоростей. Погрешности начального участка, например, при выходе изделия из транспортно-пускового контейнера, с успехом компенсируются при дальнейшем полете. В связи с этим такой важный аэродинамический параметр, как коэффициент аэродинамического сопротивления  $c_x$  для диапазона низких скоростей, как правило, получается за счет аппроксимации более высокоскоростных данных, т. е. работает на пределе или за пределом его научно обоснованной применимости. Однако в последнее время появилось множество низкоскоростных поражающих элементов: стрелы и болты для бесшумного оружия антитеррористических подразделений, элементы разрывных частей и т. п., для которых дозвуковой режим является единственным режимом полета. Проведение точного и апробированного моделирования динамики полета поражающего элемента для определения аэродинамических коэффициентов на дозвуковых скоростях позволит оптимизировать конструкцию стрелы и технологические процессы ее

изготовления уже на ранних стадиях проектирования, когда проведение натурного эксперимента еще невозможно.

### Общие соображения

Несмотря на отсутствие аэродинамических данных по стрелам, в литературе тем не менее существует ряд фрагментарных указаний по данному вопросу. В первую очередь это теория спортивной стрельбы из лука. Так, в работе Тутевича [1] приведен график коэффициента подъемной силы  $c_y$  и аэродинамического сопротивления  $c_x$  в функции от угла атаки (рис. 1). Очевидно, предполагается, что влияние угла атаки на  $c_x$  стрелы гораздо большее, чем скорость. Причем при  $\alpha = 0$   $c_x \approx 2$  (рис. 1).

С другой стороны, при проведении баллистических экспериментов с репликой лука и стрел народа Ханты авторами было принято, что  $c_x \approx 2$ , что дало неплохую сходимость с экспериментом [2]. При моделировании пневматических орудий, снаряд, который отдаленно напоминает стрелу, авторами были найдены результаты стрельб, произведенных Военно-морским флотом США, показавшие, что на малых скоростях  $c_x \approx 1,6 \dots 1,8$  [3].

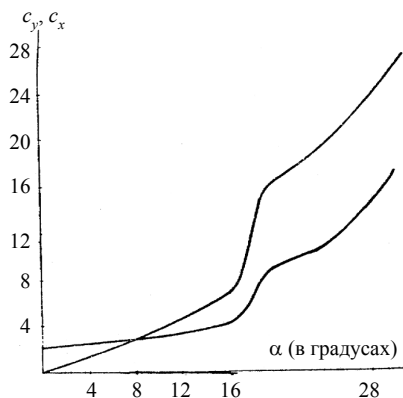


Рис. 1. Зависимость коэффициентов  $c_y$  и  $c_x$  от угла атаки (по [1])

Поскольку, как было установлено выше, надежные аналитические методики расчета  $c_x$  на дозвуковых скоростях отсутствуют, это определило проведение серии аэродинамических расчетов в среде CFX ANSYS с целью построения удовлетворительной методики расчета этих поражающих элементов [4]. На рис. 2 приведена зависимость коэффициента  $c_x$  от числа  $M$  для стрелы типа Predator-2 фирмы Carbon express (рис. 3), рассчитанная в CFX ANSYS.

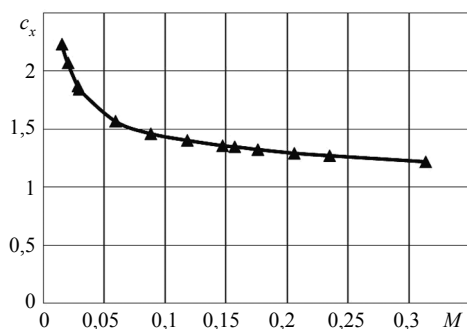


Рис. 2. Коэффициент аэродинамического сопротивления стрелы

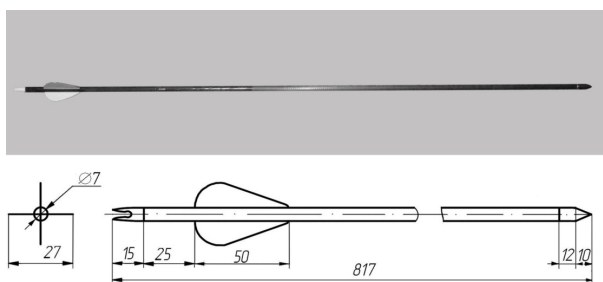


Рис. 3. Внешний вид стрелы типа Predator-2

### Технология изготовления лука

Для экспериментальной проверки расчетных данных было решено провести серию баллистических 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 стре-

лами. Все это предопределило изготовление стального лука, параметры которого могут варьироваться гораздо шире (рис. 4).



Рис. 4. Лук после закалки

Идеей выбора материала послужили древние индийские стальные луки из многослойной дамасской стали, назначение которых неизвестно. Возможно, они использовались для ритуальных или боевых целей.

Для изготовления лука использовалась рессорно-пружинная сталь 50ГХА. Заготовка выбрана в виде прутка диаметром 30 мм. Выбор заготовки обусловлен тем, что при ковке листа толщиной, например, 8 мм, структура кристаллической решетки не успевает достаточно наклепаться, что не дает необходимой прочности изделию. Затем пруток был раскован в полосу нужной толщины и ширины с последующим приданием (ковкой на пневмомолоте) необходимой формы. Таким образом изготавливались две заготовки для плеч лука.

Оставшаяся часть прутка пошла на изготовление рукояти лука (снова методомковки, но в данном случае ручной). В рукояти с обоих концов были пробиты по два отверстия, как и в основании плечей лука, для возможности их последующей сборки. Затем каждая часть была обработана напильником и шкуркой. Оставшаяся часть кованой полосы использовалась для экспериментов с закалкой на различную твердость с последующей ее проверкой на изгиб. Опытным путем было выяснено, что для данной цели оптимальная твердость 48–52 HRC. Затем осуществлялась термическая обработка (закалка) плечей лука. Так как во время закалки плечей была большая вероятность образования поводок (деформаций, которые в данном случае недопустимы), была применена следующая технология.

Изготовлен ящик с открытым верхом и габаритами, позволяющими положить в него закаливаемые части. Ящик засыпался чистым речным песком, в который укладывались плечи таким образом, чтобы песок окружал изделие со всех сторон и оно бы не деформировалось в процессе нагрева. Кроме того из изготовленного ящика оказалось довольно удобно быстро извлекать изделие для перемещения в охлаждающую среду. Рукоять лука послековки не закаливалась. Необходимость в этом отпадала, так как ее форма обеспечивает прочность, а закалка может приводить к увеличению хрупкости. После термообработки плечи были закреплены к рукояти, лук собран и отшлифован (рис. 4).

Финишная обработка заключалась в покраске лука в черный цвет для улучшения коррозионных

свойств. Кроме того для удобства использования и украшения рукоять обматывалась кожаным черным шнуром. Тетива лука сплеталась из 15-20 кевларовых нитей, каждая из которых выдерживает на разрыв до 30 кгс/м.

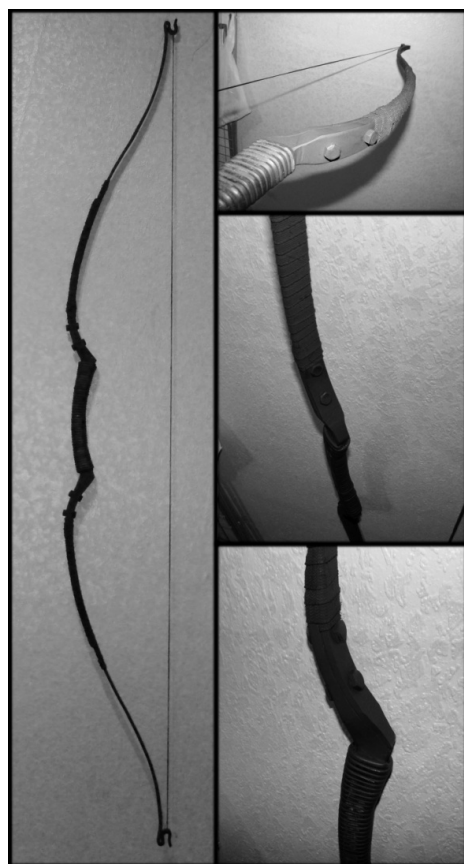


Рис. 5. Окончательный вид лука

Характеристики лука следующие: общая длина лука – 1700 мм; длина одного плеча – 780 мм; толщина плеча – 4 мм; толщина рукояти – 10 мм.

#### Эксперимент

Ранее авторами была предложена методика по определению максимальной скорости при сходе с тетивы [5]. Результаты динамометрических испытаний изготовленного лука, проведенные в лаборатории кафедры «Стрелковое оружие» ИжГТУ, дали зависимость силы на тетиве  $F$  от ее хода  $x$ , которые приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика изготовленного лука

$F$ , Н	0,00	0,19	0,29	0,39	0,49
$x$ , м	0,0	49,0	73,6	100,1	152,1

Ранее нами была предложена методика расчета скорости схода стрелы [5]. Воспользовавшись ею, можно определить, что при линейной характеристике скорость схода составляет 51,5 м/с. Более точное решение, когда происходит численное интегрирование реальной характеристики (табл. 1), дает значение 47,3 м/с.

Для уточнения значений скорости схода при разных силах натяжения тетивы был использован баллистический регистратор скорости РС-4М тира ИжГТУ. По заявленным производителем характеристикам нижний предел регистрации скорости составляет 60 м/с, что достигается при ходе тетивы до 0,59 м. Однако, как удалось установить в ходе экспериментов, приборы данной серии непригодны для регистрации скорости стрелы. Вероятно, это происходит из-за того, что оперение дает повторный сигнал на датчик, из-за чего идет сообщение об ошибке.

В связи с этим 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 производился расчет дальности, которая сравнивалась с экспериментальной. Результаты расчета и эксперимента сведены в табл. 2. Эксперименты проводились на стадионе Ижевска при температуре окружающего воздуха +20 °С.

Для компенсации случайных порывов ветра направление стрельбы у половины выстрелов изменялось на 180°. Выстрел осуществлялся с нулевым возвышением стрелы с высоты 1,6 м от поверхности земли.

Таблица 2. Результаты эксперимента и сравнение с расчетом

Параметры	Опыт 1	Опыт 2
Ход тетивы, м	0,44	0,49
Средняя дальность, м	30±4	44±4
Расчетная скорость схода, м/с	42	47
Расчетная дальность, м	26	42

Как видно, в целом результаты расчета дали неплохую сходимость с экспериментом.

#### Вывод

Эксперимент показал удовлетворительную сходимость с результатами расчетов, что говорит о возможности определения коэффициента аэродинамического сопротивления в среде CFX ANSYS и корректности принятых условий при расчете.

#### Библиографические ссылки

1. Тутевич В. Н. Теория спортивных метаний. – М. : Физкультура и спорт, 1969. – 312 с.
2. Денисов С. А., Коробейников А. В., Митюков Н. В. Баллистические эксперименты с репликой лука народов Ханты // Вестник Томск. гос. ун-та. – Сер. «История». – 2009. – № 1. – С. 36–42.
3. Митюков Н. В., МакШерри П. М. Применение имитационного моделирования для оценки эффективности пневматической пушки // Вестник ИжГТУ. – 1999. – № 4. – С. 6–9.
4. Митюков Н. В., Ганзий Ю. В., Бусыгина Е. Л. Пакет ANSYS в задачах исторической реконструкции // Информационный бюллетень Ассоциации «История и компьютер». – 2012. – № 38. – С. 153–154.
5. Денисов С. А., Коробейников А. В., Митюков Н. В. Экспериментальная проверка реконструированного лука // Вестник ИжГТУ. – 2008. – № 4. – С. 15–18.

*Y. V. Ganziy*, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*M. M. Salakhov*, Student, Kama Institute of Humanities and Engineering Technologies, Izhevsk

*N. V. Mityukov*, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*E. L. Busygina*, PhD (Physics and Mathematics), Kama Institute of Humanities and Engineering Technologies, Izhevsk

### Experimental Determination of Arrow Drag Function

*The work is devoted to defining the drag coefficient of strike elements by an example of an arrow. The software ANSYS CFX was applied for calculations and comparison with experimental data.*

**Key words:** aerodynamics, strike elements, subsonic flow, arrow.

УДК 004.932.75'1

**Н. С. Исупов**, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**А. В. Кучуганов**, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ТЕКСТОВ

*Описана общая методика по распознаванию слитных рукописных текстов на основе использования нечетких нагруженных графов как средства описания объектов и лучевых графов в качестве средства анализа текста.*

**Ключевые слова:** распознавание, нечеткая логика, нечеткий граф, рукописный текст, типовой опорный узел, эталон.

**В** задаче распознавания рукописных текстов известно несколько крупных проблем:

- бесконечное количество разновидностей почерка;
- индивидуальные особенности почерка, такие как раздельное написание некоторых элементов слова или наличие декоративных элементов;
- сложность выявления отдельных символов в слитном рукописном слове;
- зависимость написания символа от его положения в слове.

На данный момент существует ряд систем распознавания текстов, например ABBYY Finereader, OmniPage, OCR CUNEIFORM, Readiris, Microsoft Office Document Imaging. Все они довольно успешно справляются с задачей распознавания печатных текстов, в то время как задача распознавания слитных рукописных текстов является лишь отчасти решенной.

В задаче распознавания рукописных текстов можно выделить два класса задач: распознавание в режиме реального времени (online распознавание) и оптическое распознавание символов (offline распознавание) [1]. Согласно типу распознаваемых текстов можно выделить две группы offline систем распознавания рукописных текстов: системы, ориентированные на распознавание отдельных символов (чисел, иероглифов, математических символов и т. д.) и системы распознавания слитного рукописного текста.

Наиболее успешно решается задача распознавания в режиме реального времени (PenReader, ritePen, EverNote), так как данный подход позволяет учиты-

вать дополнительные характеристики письма (направление движения пера при написании символов). Задача распознавания отдельных символов рукописного текста отчасти решается с помощью оптического распознавания символов (ABBYY Finereader, Readiris), хотя для достижения высокой точности распознавания требуется тонкая настройка на тестовых наборах символов.

В теории распознавания образов выделяются различные группы признаков, по которым ведется сравнение распознаваемой области и эталона.

По типу выделяемых признаков методы распознавания делятся [2]:

- на статистические методы;
- детерминированные методы;
- логические методы;
- структурные, или лингвистические методы.

Также можно выделить системы на основе нейросистемного подхода. Нередко системы распознавания создаются на основе комбинации этих методов.

Большинство систем распознавания рукописных символов основано на использовании статистических или структурных методов для выделения признаков, по которым проводится сравнение. При этом роль инструмента анализа в таких системах играют нейронные сети [3].

С учетом достоинств и недостатков вышеперечисленных методов было решено создать систему распознавания на основе структурно-лингвистического подхода [4] с использованием лингвистических переменных и аппарата нечеткой логики [5].

Сущность предлагаемого подхода заключается в следующем.