

**Accuracy of Manufacturing the Scythian Arrow and Its Influence on the Arrow's Ballistic Parameters**<sup>1</sup>Aleksey V. Korobeinikov<sup>2</sup>Nikolay V. Mitiukov<sup>3</sup>Yuliya V. Ganzu

<sup>1</sup>Journal "Idnakar: methods of historical and cultural reconstruction", Russian Federation 426076, Izhevsk, Pushkinskaya st., 164-26.

Editor in chief

E-mail: alexeika1961@yandex.ru

<sup>2</sup>Izhevsk State Technical University, Russian Federation

426000, Izhevsk, Studentcheskaya st., 7

Kama Institute of Humanitarian and Engineering Technologies

426000, Izhevsk, Vadim Sivkov st., 12

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

E-mail: nico02@mail.ru

<sup>3</sup>Izhevsk State Technical University, Russian Federation

426000, Izhevsk, Studentcheskaya st., 7

Post-graduate student

E-mail: ganziy@list.ru

**Abstract.** Analysis of Scythian arrowheads discovered in the area near the Severniy Donets River showed that they might belong to one batch, that is, they may probably have come from the same quiver. As archeologists date the findings back to the period of VII-IV centuries B.C., for this entire period, the Scythian bow did not have any substantial changes in its design. Due to the fact that the analysis involved both combat-purpose and hunting arrows, we have sufficient grounds to believe that the Scythians might have had a versatile bow to help them perform all kinds of combat and everyday tasks.

**Keywords:** Black Sea region; the Scythians; arrows; bow; historical reconstruction; mathematical modeling.

**Введение.** При проведении раскопок археологического памятника бывают обнаружены большие количества наконечников стрел, которые, как правило, относят к одной синхронной партии. Несмотря на то, что критерием выделения археологической культуры является, как правило, керамика такой массовой материал, как наконечники также может послужить делу идентификации той или иной культурной традиции.

В то же время, наконечники полученные в ходе раскопок нескольких археологических памятников, если нет указаний на их синхронность, несмотря на явные сходства формы могут быть отнесены исследователями к разным археологическим культурам и культурным традициям.

**Материалы и методы.** Ранее нами была разработана, запатентована и опубликована методика реконструкции всей стрелы по параметрам наконечника. Использование этой методики дало неплохие результаты на разнородном археологическом материале. Так нами был проанализирован вещевой материал средневековых «удмуртских» стрел, «татарских» стрел Золотаревского городища, стрел чжурдженей и т.д. [1] А.А. Чубур использовал нашу методику для реконструкции палеолитических стрел найденных при раскопках микрорегиона Быки в Полесье [2], М.С. Сергеева применила ее при анализе вещевого материала Поднестровья [3], В.Л. Руев доказал её применимость на материале османских стрел, найденных в Мангупе [4] и т.д. Между тем, несмотря на полученные положительные результаты, выход за пределы формального применения нашей методики дает возможность получить дополнительную информацию. Рассмотрим это на примере реконструкции скифских стрел, проведенной А.В. Шелеханем [5].

Работоспособность предложенной нами методики реконструкции стрелы по её наконечнику логически подводит нас к решению комплексной задачи по определению степени влияния формы наконечника, которая характеризует "культурную традицию", на аэробаллистические параметры стрелы в сборе.

Общеизвестна идеология применения огнестрельного или метательного оружия: его создатель проектирует в первую очередь снаряд (пулю, стрелу), пригодный для выполнения той или иной функции: нанесения физических летальных или нелетальных поражений организму, доставку в организм цели токсинов, перемещения горючих веществ и пр. И лишь под эти конкретные цели и под этот конкретный снаряд создаётся «пусковая установка»; в нашем случае – лук. Конечно, с огнестрельным оружием всё проще – там в рамках одного габарита можно упрятать снаряды

различного назначения; из одной и той же винтовки могут быть выпущены как простые, так и бронебойные или разрывные пули. И в силу тождества габаритов и близости массовых характеристик полетят эти пули по траекториям настолько близким, что для их применения не потребуется ни переставлять прицел, ни изменять энергию снаряда. Иное дело – стрелы. Здесь масса наконечника связана отношениями жестокой зависимости с длиной древка и его массой, ибо стрела, изготовленная с отклонениями от законов баллистики, если и полетит в сторону противника, то неизменно отклонится от желаемой траектории. Иными словами, снаряд будет ложиться в мишень (цель) не кучно. В то же время, сама стрела получает энергию, величина которой также может варьироваться – от силы и амплитуды натяжения тетивы и КПД пускового устройства.

Итак, проблема такова: археологи нашли множество металлических наконечников стрел, которые отличаются по форме и весу. Но если мы реконструируем по ним стрелы в сборе, то получим такое разнообразие снарядов, которое заставляет предположить, что снаряды эти не были стандартизированы даже в пределах синхронного войска так, будто бы каждый воин делал себе и лук и стрелы сам, по своим силам и антропологическим параметрам, а при израсходовании носимого боезапаса в бою становился безоружен, ибо стрелы из колчанов убитых товарищей, а также подобранные с земли стрелы врага ему не подходили «по калибру». Иным словом, следует определить, могли ли все стрелы из этого множества находиться в одном «условном колчане», т.е. были ли они, несмотря на своё формальное внешнее разнообразие боеприпасами, стандартизированными по внешне баллистическим характеристикам?

**Обсуждение.** В качестве базы данных рассмотрим множество наконечников, которые были найдены в бассейне реки Северный Донец и систематизированы А.И. Мелюковой, которая отнесла их к так называемому "скифскому типу". Её работа чрезвычайно подробна и содержит описание около 150 морфологических единиц, схожих друг с другом. Поэтому нами были отобраны 11 наиболее репрезентативных экземпляра, каждый из которых принадлежит определенному периоду [5]. Внешний вид наконечников представлен на рис. 1, массово-габаритные характеристики – в табл. 1

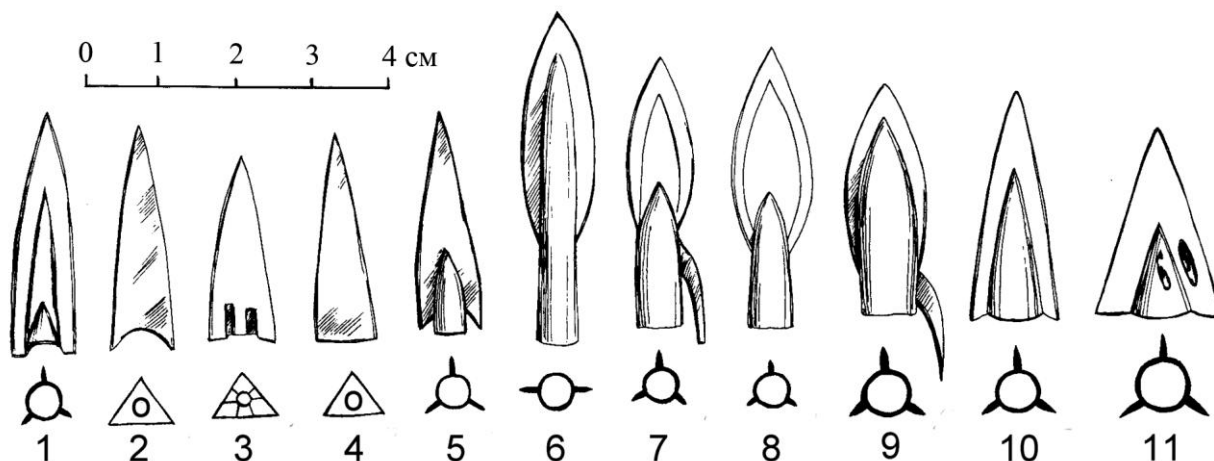


Рис. 1. Наконечники скифского типа

Таблица 1

**Массово-габаритные характеристики наконечников**

Образец	Номер по типологии Мелюковой	Масса, г	Объем мл <sup>3</sup>	Длина, мм	Диаметр втулки, мм	Диаметр сечения, мм
1	II-6-6	1,35	0,20	33,9	4,6	8,10
2	III-7-2	1,30	0,20	28,9	4,8	6,80
3	III-6-3	1,20	0,15	20,4	4,2	8,00
4	III-4-1	1,60	0,20	26,8	4,2	8,00
5	III-3-5	1,90	0,20	26,8	4,2	6,70
6	I-1-1	2,90	0,40	41,1	5,8	8,70
7	II-2-1	2,10	0,40	34,6	6,0	9,00
8	II-1-1	2,10	0,40	36,0	6,2	9,30
9	II-2-3	2,10	0,40	29,6	6,5	9,75

10	II-6-1	1,50	0,30	29,4	5,3	7,95
11	II-5-1	1,10	0,40	23,7	5,9	8,80

В соответствии с указанной методикой в программном пакете «Archer» [6] была проведена баллистическая реконструкция каждой из указанных стрел. А после мы попытались разобраться, насколько различались их баллистические характеристики при решении типовой задачи, например, на ведение навесного огня на дальность 100 м с расчётом на попадание в голову и плечи воинов противника, не прикрытые щитами. В этом случае индивидуальное прицеливание каждой стрелы не имело значения, гораздо важнее было получить скорострельность и кучность попаданий, достаточную для накрытия площади расположения воинского контингента противника. Результаты виртуальных стрельб, произведенные из одного лука с одинаковыми установками и с одинаковой энергией, которую лук передавал стреле, дают следующий разброс дальностей по типам скифских стрел (табл. 2, рис. 2)

Таблица 2

**Дальность каждой стрелы при установке лука на 100 м**

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S, м	99,54	106,51	97,25	104,01	114,02	112,36	104,80	103,36	101,21	102,85	89,97

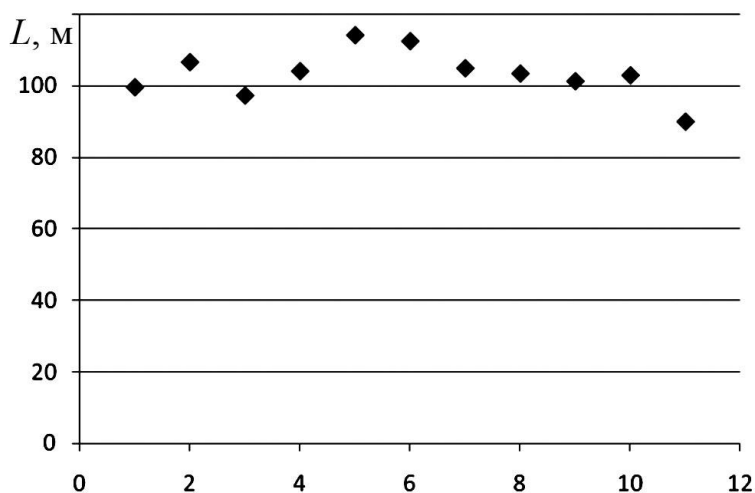


Рис. 2. Дальность полёта каждой из стрел

Как видно, максимальную дальность дает стрела № 5 – 114,02 м, минимальную № 11 – 89,97 м, разброс составляет 21 %. Много это или мало?

Если ограничиться формальной стороной вопроса, то можно совместить траекторию наилучшей стрелы и наихудшей с величиной ростовой фигуры (рис. 3). Получается, что если ростовая фигура стоит на удалении около 100 м, обе стрелы ее не поражают (одна дает перелет, другая недолет). Но если предположить, что подразделение противника, расположенное на местности имеет проекцию на плоскость протяжённостью около 20 м, то при использовании данного множества стрел, случайно вынимаемых из колчана, вся эта площадь будет поражена навесным огнём (известно, что для получения требуемого рассеяния пуль выпускаемых из пулемёта применяются специальные устройства). Здесь же в роли фактора, автоматически обеспечивающего заданное рассеяние снарядов, выступает вариабельность их массово-габаритных характеристик. Иначе говоря, при стрельбе навесом по групповой цели рассеяние стрел играет положительную роль.

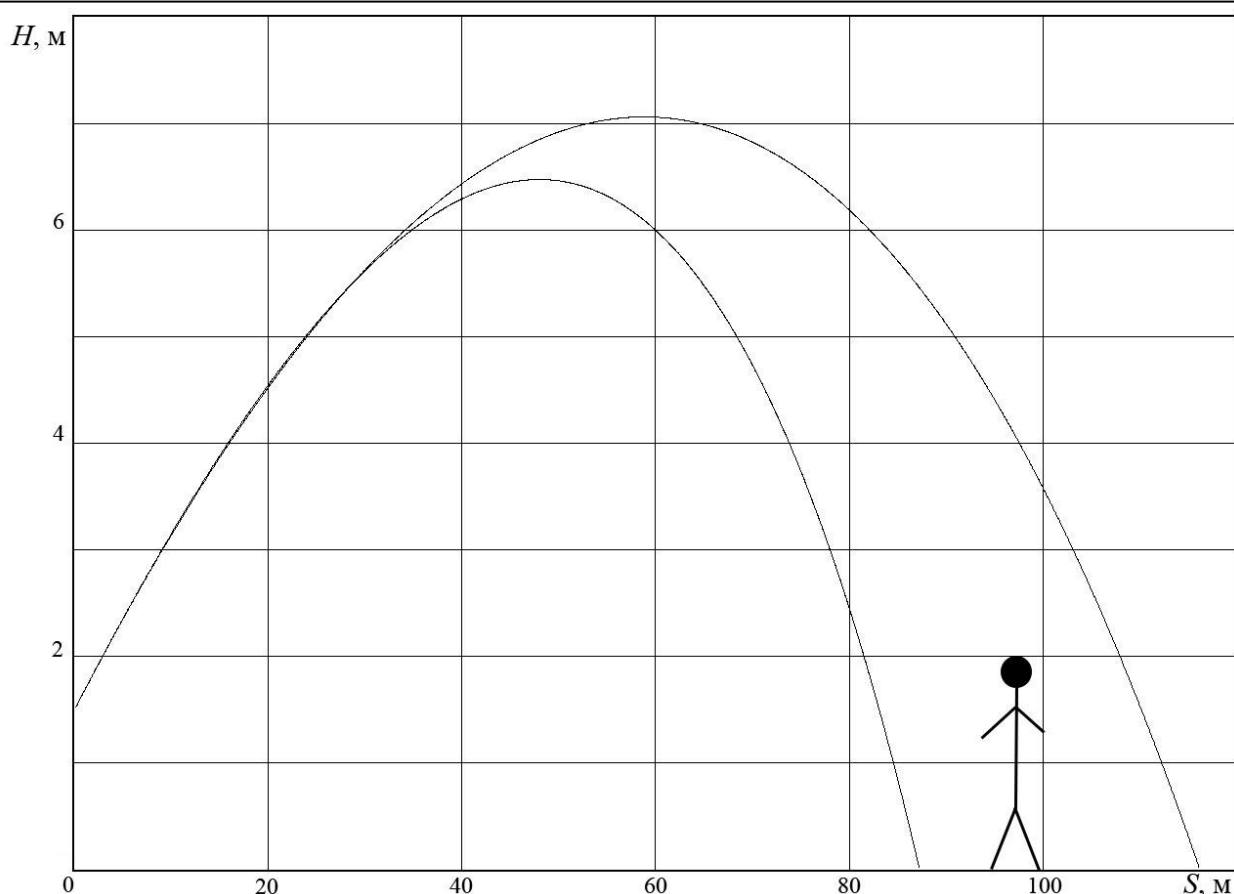


Рис. 3. Траектории максимальной и минимальной дальности и ростовая фигура

**Результаты.** Однако проблема в том, что на дальности 100 м обычной боевой задачей является поражение не только групповой, но и индивидуальной цели, либо группы воинов (всадников) противника, каждый из которых (или его конь) имеет на теле неприкрытое пространство, уязвимое для стрел (например, ноги). И здесь в качестве критерия эффективности выступают другие факторы, в первую очередь, меткость выстрела, которая зависит от тренированности стрелка и кучность, которая зависит от качества используемого оружия. Так как степень тренированности стрелков нам пока точно не известна, и мы принимаем её априори высокой, то произведём оценку влияния наиболее характерных параметров стрелы на разброс попаданий. В реальных условиях при стрельбе по ростовой фигуре разброс будет виден на вертикальной плоскости: стрелы будут лететь по траекториям, выше и ниже усреднённой и ложиться в мишень выше или ниже средней точки попаданий. Но для математического моделирования и для большей наглядности отображения результатов рассмотрим разброс попаданий на горизонтальной плоскости, т.е. по дальности, который гораздо больше в абсолютных цифрах, чем разброс по высоте.

Очевидно, что таких параметров, влияющих на разброс, будет три.

Во-первых, это колебание аэродинамических характеристик. Как видно, приведенные наконечники относятся к типу втульчатых, что могло определяться наличием у скифов тростника для древков. Стебель тростника обычно пустотелый или с очень мягкой сердцевинкой; это исключает его подгонку по диаметру, в связи с чем он, вероятно, мог для достижения устойчивости стрелы на траектории обрезаться по длине, и стрела могла получиться длиннее или короче. Как показали результаты расчетов в программном пакете ANSYS CFX [7, 8], возможные колебания длины древка, а также разные наконечники приводят к изменению силы аэродинамического сопротивления за счёт трения древка о воздух в районе 10 %.

Во-вторых, это колебания массы. Как и в первом случае, это могут быть последствия различий длины древков, а также последствия несовершенства технологии отливки наконечника. В настоящее время, буквально при ювелирном производстве высококачественных рекордных наконечников стрел допустимым считается колебания массы в пределах 0,01 г. А для середины первого тысячелетия вполне удовлетворительным результатом, наверное, считалась точность в пределах 1 г.?

В-третьих, это колебания угла возвышения при бросании стрелы с тетивы, что приводит к разбросу по дальности. Если по азимуту у стрелка всегда есть возможность точного прицеливания путем совмещения оси стрелы с направлением на цель, то по дальности точное удержание стандартного угла прицеливания, как правило, зависит от мастерства стрелка, которому требуются долгие годы тренировок. Предположим, что наш «виртуальный стрелок» весьма высоко

квалифицирован, и у него колебания угла дальности происходят в диапазоне всего лишь  $\pm 0,5^\circ$ , то есть в сумме пределах  $1^\circ$ .

Результат компьютерных расчётов с подстановкой вышеозначенных переменных параметров снаряда и пусковой установки изложим в нижеследующей таблице.

Таблица 3

Изменения дальности для скифских стрел

Номер наконечника	Изменение дальности (в метрах) при изменении:			Суммарное отклонение
	Аэродинамического сопротивления на 10 %	Угла возвышения на $1^\circ$	Массы стрелы на 1 г	
1	11,75	5,95	2,35	20,05
2	10,10	6,89	2,09	19,08
3	12,10	5,68	2,75	20,53
4	10,70	6,55	1,83	19,08
5	7,95	7,98	1,14	17,07
6	8,45	7,73	0,81	16,99
7	10,55	6,65	1,39	18,59
8	10,85	6,46	1,44	18,75
9	11,35	6,18	1,51	19,04
10	10,95	6,40	2,00	19,35
11	13,25	4,79	3,28	21,32

И так, из таблицы 2 выходит, что максимальный разброс при стрельбе стрелами с различными наконечниками составляет  $114,02 - 89,97 = 24,05$  м. Фактически речь идет о максимальной разнице между математическими ожиданиями, но при стрельбе каждой стрелой возможна и дисперсия дальности, обусловленная причинами приведенными выше. В табл. 3. видно, что суммарное отклонение составляет 17...21 м, что вполне соизмеримо с разницей в математических ожиданиях. Иными словами, при стрельбе наконечником № 11 стрела случайно может улететь на дальность, большую, чем при самом неблагоприятном запуске стрелы № 5.

**Заключение.** Таким образом, анализ баллистических характеристик позволяет утверждать, что все рассмотренные стрелы скифского типа вполне могли содержаться в «одном колчане» и летать по весьма сходным траекториям. Отсюда следует вывод, о том, что поскольку археологи датируют находки периодом VII–IV вв. до н.э., весь указанный отрезок времени скифский лук был своеобразной стандартизированной пусковой установкой, т.е. не претерпевал существенных изменений ни по своим габаритам, ни по значению запасаемой им мускульной энергии стрелка. А поскольку в указанной выборке присутствуют явно как боевые, так и охотничьи стрелы, то можно обоснованно полагать, что скифы имели универсальный лук для решения всех возможных боевых и «бытовых» задач. График на рис. 3 показывает, что до дальности 40 м траектории полёта стрел всего рассмотренного ассортимента почти не расходятся, и даже на дальности 60 м разброс попаданий по вертикали не превышает высоты ростовой фигуры. Следовательно, для настильного участка траектории (примерно 40–60 м.) кучность могла быть достаточной для поражения ростовой фигуры, или животного на охоте, а на максимальной дальности до 100 метров данные стрелы могли с успехом применяться для поражения навесным огнём групповых целей.

**Примечания**

1. Коробейников А.В., Митюков Н.В. Баллистика стрел по данным археологии: введение в проблемную область. Ижевск: Изд-во НОУ «КИТ», 2007. 140 с.
2. Чубур А. А. Микроинвентарь палеолитического микрорегиона Быки: назначение, типология, реконструкция // Деснинские древности. Вып. V. Брянск: Издательство Клинецовской городской типографии. 2008. С. 49–58.
3. Сергеева М.С. Деталі озброєння з кістки та рогу з території Південної та Західної Русі // Фортеця : збірник заповідника "Тустань". Львів: Камула, 2009. Кн. 1. С. 333–340.
4. Руев В.Л. Наконечники османских стрел по результатам исследования укрепления №14 главной линии обороны Мангупа в 2007 г. // Ученые записки Таврического национального университета. Серия «Исторические науки». 2011. Том 24 (63). № 1. С. 109–126.
5. Шелехань А.В., Коробейников А.В. Стрелы скифского типа: исследовательские подходы // Иднакар: методы историко-культурной реконструкции. 2008. № 2. С. 80–92.
6. Коробейников А.В., Митюков Н.В., Мокроусов С.А. Программа реконструкции баллистических характеристик лука и стрелы по параметрам костяного наконечника «Archer v 2.0» // ГР в ВНИТЦ 14.10.2005 № 50200501462.
7. Ганзий Ю.В., Салахов М.М., Митюков Н.В., Бусыгина Е.Л. Экспериментальное определение закона аэродинамического сопротивления стрелы // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2012. № 4. С. 157–160.

8. 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.

**References:**

1. Korobeinikov A.V., Mityukov N.V. Ballistika strel po dannym arkheologii: vvedenie v problemnyuyu oblast'. Izhevsk: Izd-vo NOU «KIT», 2007. 140 s.
2. Chubur A. A. Mikroinventar' paleoliticheskogo mikroregiona Byki: naznachenie, tipologiya, rekonstruktsiya // Desninskie drevnosti. Vyp. V. Bryansk: Izdatel'stvo Klintsovskoi gorodskoi tipografii. 2008. S. 49–58.
3. Sergeeva M.S. Detali ozbroennaya z kistki ta rogu z teritorii Pivdenoi ta Zakhidnoi Rusi // Fortetsya : zbirnik zapovidnika "Tustan". L'viv: Kamula, 2009. Kn. 1. S. 333–340.
4. Ruev V.L. Nakonechniki osmanskikh strel po rezul'tatam issledovaniya ukrepleniya №14 glavnoi linii oborony Mangupa v 2007 g. // Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta. Seriya «Istoricheskie nauki». 2011. Tom 24 (63). № 1. S. 109–126.
5. Shelekhan' A.V., Korobeinikov A.V. Strely skifskogo tipa: issledovatel'skie podkhody // Idnakar: metody istoriko-kul'turnoi rekonstruktsii. 2008. № 2. S. 80–92.
6. Korobeinikov A.V., Mityukov N.V., Mokrousov S.A. Programma rekonstruktsii ballisticheskikh kharakteristik luka i strely po parametram kostyanogo nakonechnika «Archer v 2.0» // GR v VNTITs 14.10.2005 № 50200501462.
7. Ganzii Yu.V., Salakhov M.M., Mityukov N.V., Busygina E.L. Eksperimental'noe opredelenie zakona aerodinamicheskogo soprotivleniya strely // Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2012. № 4. S. 157–160.
8. Mityukov N.V., Ganzii Yu.V., Busygina E.L. Paket ANSYS v zadachakh istoricheskoi rekonstruktsii // Informatsionnyi byulleten' Assotsiatsii "Istoriya i komp'yuter". 2012. № 38. S. 153–154.

УДК 517.958:52/59

**Влияние точности изготовления скифской стрелы  
на ее аэробаллистические параметры**

<sup>1</sup>Алексей Владимирович Коробейников

<sup>2</sup>Николай Витальевич Митюков

<sup>3</sup>Юлия Валентиновна Ганзий

<sup>1</sup>Журнал "Иднакар: методы историко-культурной реконструкции", Российская Федерация  
426076, Ижевск, ул. Пушкинская, 164-26.

Главный редактор

E-mail: alexeika1961@yandex.ru

<sup>2</sup>Ижевский государственный технический университет, Российская Федерация

426000, Ижевск, ул. Студенческая, 7

Камский институт гуманитарных и инженерных технологий

426000, Ижевск, ул. Вадима Сивкова, 12

Доктор технических наук, доцент

E-mail: nico02@mail.ru

<sup>3</sup>Ижевский государственный технический университет, Российская Федерация

426000, Ижевск, ул. Студенческая, 7

Аспирант

E-mail: ganziy@list.ru

**Аннотация.** Анализ наконечников скифских стрел, найденных в районе реки Северный Донец показал, что они могли принадлежать одной синхронной партии, то есть условно могли содержаться в одном колчане. Поскольку археологи датируют находки периодом VII–IV вв. до н.э., весь указанный отрезок времени скифский лук не претерпевал существенных изменений. А поскольку анализу подверглись как боевые, так и охотничьи стрелы, можно обоснованно полагать, что скифы имели универсальный лук для решения всех возможных боевых и «бытовых» задач.

**Ключевые слова:** Причерноморье; скифы; стрелы; лук; историческая реконструкция; математическое моделирование.