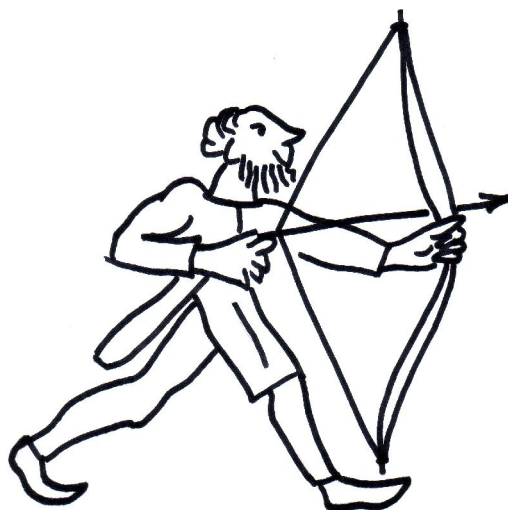


**А.В. Коробейников
Н.В. Митюков**

БАЛЛИСТИКА СТРЕЛ

по данным археологии



Ижевск 2007

Негосударственное образовательное учреждение
«Камский институт гуманитарных и инженерных технологий»

**А.В. Коробейников
Н.В. Митюков**

**БАЛЛИСТИКА СТРЕЛ
ПО ДАННЫМ АРХЕОЛОГИИ:
введение в проблемную область**

Ижевск 2007

УДК 902/904/623.561

К 68

ББК 63.400 + 63.48(2Рос.Удм)-425+К

Настоящее исследование выполнено в соответствии с тематикой “Историческая реконструкция параметров технических систем” (шифр “СТРЕЛА”, Государственный регистрационный № 01.2006–14646, код ВНИИЦ 024000230–0388).

Рецензенты:

А.В. КОРОТАЕВ, доктор философии, доктор исторических наук, профессор, директор Центра антропологии Востока Российского государственного гуманитарного университета, ведущий научный сотрудник Центра цивилизационных и региональных исследований и Института востоковедения РАН

А.Э. ПУШКАРЕВ, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической механики, теории механизмов и машин Ижевского государственного технического университета

Коробейников А.В., Митюков Н.В.

К 68 Баллистика стрел по данным археологии: введение в проблемную область. – Ижевск: Изд-во НОУ КИТ, 2007. – 140 с.

ISBN 978-5-902352-20-4

Книга очерчивает круг проблем в области исторической баллистики стрел, описывает алгоритмы исследовательских задач в этой области и знакомит читателя с некоторыми результатами, которые иллюстрируют возможности междисциплинарного подхода.

Ключевые слова: археология; методология археологии; реконструкция (ист); моделирование историческое; имитационное моделирование; памятники археологические; городища; краеведение; баллистика; военная история, моделирование боевых действий.

УДК 902/904/623.561

К 68

ББК 63.400 + 63.48(2Рос.Удм)-425+К

ISBN 978-5-902352-20-4

© А.В. Коробейников, Н.В. Митюков, 2007
© НОУ «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий», 2007

4. ПРИНЦИПЫ И ВОЗМОЖНОСТИ РЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ О СТРЕЛАХ

4.1. Ограниченность типологии А.Ф. Медведева и ее клонов

Сегодня среди археологов общепринятой является типология метательного оружия и стрел, предложенная около сорока лет назад А.Ф. Медведевым [Медведев]. Однако, на наш взгляд, она не является оптимальной и в современных условиях должна быть пересмотрена. С другой стороны, принципы создания массива информации о множестве наконечников, описанных этим автором, не могут быть использованы в качестве основы архитектуры современной базы данных, рассчитанной на применение научного аналитического аппарата. Попробуем обосновать свою точку зрения, рассматривая работу А.Ф. Медведева в качестве ближайшего аналога (прототипа), критикуя который мы изложим свое видение вопроса.

Итак, уже в момент своего создания названная типология не отражала весь ассортимент имеющихся наконечников. Например, названный автор разделил наконечники по форме насада на два **отдела**: втульчатые и черешковые. Ко второму отделу он отнес наконечники с плоским или шиловидным черешком, забивавшимся при закреплении наконечника в торец древка [Медведев, С. 54]. Однако широко известные, в том числе по описанию А.Ф. Медведева костяные наконечники, которые имеют контактную площадку для крепления к древку, срезанную “на ус”, не являются ни черешковыми, ни втульчатыми и остаются “за бортом” этой классификации. Зачастую такие наконечники имеют насечки на плоскости, обращенной к древку для увеличения коэффициента трения (См., например, в цитированном издании Табл. 22, № 30 и Табл. 30д, № 111), а мы вводим для такого насада название “фрикционный”.

В то же самое время А.Ф. Медведев указывает: “По характеру поперечного сечения пера или острия все наконечники (втульчатые и черешковые) делятся на три основные **группы**: трехлопастные, плоские и граненые (броневойные)” [Медведев, С. 54]. Нетрудно заметить, что вне такого деления остаются круглые в сечении костяные втульчатые наконечники. Кроме того, здесь в один ряд типологизирующих признаков поставлены совершенно разные параметры – в одном случае линейный измеряемый параметр: форма наконечника (плоский или граненый), а в другом случае качественный параметр, которым является назначение наконечника (броневойный). Ведь шиловидный наконечник, способный пробивать доспехи, может быть вовсе не граненым, а круглым в сечении.

Наконец, обратившись к сводному указателю к таблицам [Медведев, С. 109–116], никакого деления наконечников на задекларированные отделы мы не увидим. Нет здесь и деления на объявленные **группы** – вместо них мы видим лишь колонку “вид”.

Вдобавок ко всему, А.Ф. Медведев приводит изображения и описания костяных наконечников [Медведев, Табл. 14, № 35–38; Табл. 19, № 44, 45 и др.], а в колонке “тип”, построенной им сводной таблицы, читаем: “кость”. Читатель остается в недоумении относительно избранного автором признака для типологизирования – ведь во всех остальных записях таблицы материал изделий в качестве типологизирующего признака не упоминается. Совершенно не ясно, образуют ли костяные наконечники, относящиеся к различным **отделам** и **группам** (видам), по мнению А.Ф. Медведева, свой особенный **тип**? Таким образом, для археолога, имеющего в обнаруженном и исследуемом им вещевом материале костяные наконечники втульчатые круглого сечения, или экземпляры с фрикционным насадом, типология А.Ф. Медведева бесполезна по причине ее неприменимости.

Нумерация предложенных типов в своде А.Ф.Медведева никак не связана ни с отделом, ни с группой, к которой относится наконечник. Иными словами, перечень объектов является линейным и одноуровневым, и номер типа не кодирует информацию о параметрах изделия – эти параметры формы, относимые к конкретному номеру из сотни имеющихся, необходимо заучивать.

Таким образом, рассматриваемое сочинение не содержит классификации в общепринятом смысле слова (по принципу: отдел > вид (группа) > тип), и по сути своей книга эта является лишь перечнем артефактов. Значит, для решения задач компьютерной обработки баз данных о наконечниках эта линейная “типология” непригодна, да она и создавалась без расчета на такое использование.

Конечно, предложенный А.Ф. Медведевым метод “типологизирования” на основе внешних признаков изделий, может быть использован (и используется) для фиксации полевого археологического материала, для создания описаний коллекций и изготовления подписей к музейным экспонатам. Однако причина столь длительного использования явно несовершенного свода артефактов кроется прежде всего в том, что никакой другой широко известной типологии просто нет, а, с другой стороны, “типология” А.Ф.Медведева худо-бедно дает археологам возможность коммуникации. Ведь если один археолог сообщает коллегам, что им найдены наконечники типа № 63, то аудитории, заучившей свод Медведева, становится понятно, что речь идет о плоском черешковом лавролистном наконечнике. Таким образом, этот перечень артефактов вполне функционален в условиях существующей коммуникативной компетенции археологов.

Но отвечает ли этот перечень вызовам нашего времени, и может ли он использоваться при современных требованиях к профессиональной компетенции археолога и историка?

Конечно, более двадцати лет после книги А.Ф. Медведева, Ю.С. Худяковым была опубликована работа, в которой предлагались несколько иные принципы организации базы данных [Худяков]. Однако в пределах одной книги нами были обнаружены принципиально разные способы классифицирования, которые были использованы автором для анализа вещевого материала разной культурной принадлежности (табл. 4.1 и 4.2).

Таблица 4.1. Принцип организации базы данных о наконечниках стрел кыргызов XIII–XIV вв. [Худяков, С. 9–14]

Иерархический уровень	Идентифицирующий признак уровня	Перечень значений признака
Класс	Материал	Железо Кость
Отдел	Насад	Черешковый Втульчатый
Группа	Устройство рабочей части?	1.Трехлопастные 2.Плоские 3.Ромбические 4.Четырехгранные
Тип (для группы трехлопастных)	???	1.Удлиненно-ромбические 2.Удлиненно-шестиугольные 3.Овально-крылатые

Таблица 4.2. Принцип организации базы данных о наконечниках стрел кыштымцев в первой половине II тыс. н.э. [Худяков, С. 30–32]

Иерархический уровень	Идентифицирующий признак уровня	Перечень значений признака
Класс	Материал	Железо Кость
Отдел	Насад	Черешковый Втульчатый
Группа (для черешковых)	Устройство рабочей части?	1.Трехлопастные 2.Двухлопастные 3.Четырехгранные 4.Ромбические 5.Прямоугольные
Тип (для группы трехлопастных)	???	1.Удлиненно-шестиугольные 2.Асимметрично-ромбические 3.Овально-крылатые

Сравнивая приводимые таблицы, нетрудно убедиться, что они построены на различных способах нумерации одних и тех же групп и типов: в первом случае группу № 2 образуют плоские наконечники, а во втором – двухлопастные, в первом случае тип № 1 группы трехлопастных образуют удлиненно-ромбические экземпляры, а во втором – удлиненно-шестиугольные и т.д. Кроме того, костяные наконечники со скошенной контактной площадкой не являются по определению черешковыми, так как не забиваются в торец древка, и древко

не окружает насад. Однако Ю.С.Худяков по непонятным причинам включает их в отдел черешковых (хотя на рис. 60 в своей книге он приводит изображения костяных наконечников, и на контактных площадках у них ясно различимы насечки для увеличения силы трения с древком).

В силу отмеченных особенностей не представляется возможным уяснить систему построения Ю.С. Худяковым базы данных о множестве исследованных им наконечников. Видимо, автор и не ставил перед собой задачи создать универсальную базу данных, а лишь систематизировал для целей публикации имеющийся у него массив информации применительно к той или иной археологической культуре.

Таким образом, можно отметить следующее:

1. Свод А.Ф. Медведева создан на основе рассмотрения нескольких тысяч артефактов, и, несомненно, в нем был овеществлен громадный живой труд. Однако за прошедшие десятилетия были обнаружены и опубликованы новые тысячи наконечников стрел, и это обстоятельство уже само по себе порождает законный интерес к типологии, которая нуждается во внимательной оценке с точки зрения ее полноты¹. С другой стороны, повсеместное внедрение вычислительной техники позволяет сегодня обрабатывать большие базы данных и искать механизмы взаимной корреляции признаков артефактов, получая информацию, недоступную иными способами. Но для этого исходные данные об объектах, включаемых в базу данных, надо формализовать, то есть ввести по каждому из объектов значения его признаков по некоему универсальному перечню признаков.

2. Круг задач современного исследователя не ограничивается описанием артефактов по той или иной модели. Так, появившиеся за рубежом (и в небольшом количестве в нашей стране) публикации археологов, историков войн и вооружений, баллистиков, криминалистов и т.д. убеждают нас в том, что наконечник стрелы является не только археологическим артефактом, который можно описать и выложить в музейную витрину. Нет, наконечник несет информацию о параметрах стрелы в сборе, в свою очередь, габариты стрелы коррелированы с параметрами лука, и последний может быть реконструирован, а параметры метательного оружия позволяют оценивать характеристики фортификаций, для обороны (или захвата) которых это оружие было использовано. Для решения новых исследовательских задач создано соответствующее программное обеспечение расчета баллистических характеристик стрел, а интерфейсы программ требуют ввести вполне определенные параметры наконечника. Но эти параметры в рассмотренных сводах не отражены, и, как правило, не находят пока своего отражения в полевых отчетах археологов, ибо археолог пока не понимает, какие именно из зафиксированных им параметров будут использованы для исторической рекон-

¹ Отсылаем читателя к публикации, в которой содержится довольно подробное описание множества типологий стрел, предложенных отечественными авторами [Руденко, С. 64–71].

струкции. Тем не менее, и при существующем объеме фиксации и способе публикации некоторые из неизвестных параметров наконечников могут быть восстановлены историком путем натурного моделирования или способом вычисления неизвестного через известное. Но здесь нельзя обойтись без того, чтобы описывать (и реконструировать) различные объекты, извлеченные и опубликованные разными раскопщиками по универсальному шаблону **значимых** признаков.

4.2. Архитектура и принципы построения базы данных

Итак, логикой развития современной науки продиктована задача создания реляционных баз данных, которые позволяют выявлять отношения (реляции) между различными признаками объектов. Реляционные базы данных, построенные по иерархическому принципу, предоставляют исследователю возможность табличного представления данных и выборки объектов по совокупности признаков. Для создания такой базы необходимо во-первых, обосновать выбор параметров наконечников, которые образуют соответствующие поля таблицы. Поэтому оправданным представляется избрать перечень принципиально важных признаков, значения которых необходимы для исследования баллистических характеристик наконечников и влияют на технический результат применения того или иного изделия.

Во-вторых, перед нами встает задача избрания способа отражения того или иного признака. Здесь логичным видится такой подход: если признак принимает лишь несколько значений, то кодированию может подвергаться область этих значений, образующая качественный параметр (например, одной литерой обозначается все множество изделий, рассчитанных на нанесение проникающих ранений и т.п.). А там, где диапазон значений широк, как, например, при описании количественных параметров изделия (его габаритов и массы) логично использовать цифры.

Избранный нами подход логически приводит к тому, что сводная информация в объеме значимых признаков артефакта может быть отражена либо в таблице, либо краткой формулой, в которой буквы латинского алфавита чередуются с цифрами, причем описание параметров производится от носика наконечника к его насаду.

1. Наиболее очевидным признаком наконечника является его материал. Такой параметр материала, как удельный вес используется в баллистических расчетах. Поэтому предлагаем обозначать материал литерами:

- W (от Wood для утолщений на концах древков и иных деревянных устройств, утяжеляющих головную часть стрелы);
- S (от Stone для кремневых и каменных наконечников);
- O (от Osseous для костяных наконечников);
- C (от Cuprum для бронзовых, латунных, медных и наконечников из медсодержащих сплавов);

• F (от Ferrum, для наконечников из материалов, в состав которых входит железо).

Кроме того, для баллистического расчета требуется знать массу наконечника. Полагаем обозначать ее в граммах. Тогда, например: “O12”, uvedenное в формуле, следует прочесть, как “Костяной наконечник массой 12 г”. Разумеется, деревянное утолщение на конце древка имеет массу, которую без разрушения изделия следует определить аналитически.

2. Как мы показали в соответствующих работах [Коробейников, Митюков (1)] всякая стрела, предназначенная для поражения живой силы вследствие особенностей рабочей части наконечника (степени заостренности, величины сечения, удаления миделя от носика) может нанести либо поверхностные повреждения, либо проникающее ранение, приводящее, как правило, к летальным последствиям.

Имея в руках несколько образцов наконечников, легко убедиться в том, что при условии приложения к ним одинаковой силы они входят в цель на разную глубину: достаточно попытаться их задавливать, например, в пенопласт или пластилин – наконечники с притупленной передней кромкой требуют заметно большего усилия. Использование “тупоконечных” наконечников, видимо, можно объяснить и тем, что в случае промаха по цели, при попадании в деревянные части оборонительных сооружений или щиты обороняющихся заостренные наконечники настолько плотно заседают в них, что извлечение стрелы в целости для ее повторного использования маловероятно – если просто тянуть за древко, оно соскочит с черешка, а расшатывание стрелы разрушит узел крепления. Вспомним одноразовое в пределах одного боя метательное копьё Римских воинов – *Pilum*, ударник которого специально делали из незакаленного железа; при попадании в преграду он сгибался и не давал возможности бросить копьё обратно. Но после боя победитель имел возможность эти копьё собрать и с помощью кузнеца приготовить для следующего использования. Таким образом, например, агрессор, планирующий стремительный штурм деревянного оборонительного сооружения, вполне может раздать своим стрелкам перед боем “тупоконечные” стрелы (которые не способны войти в дерево иначе, как вдоль волокон), для возможного их сбора после боя для повторного использования. Следовательно, наличие таких образцов может помочь в деле реконструкции тактики участников боя. Хотя, разумеется, какие-либо статистические выкладки по “типам” стрел, обнаруженных археологом, не могут быть приняты во внимание с учетом высказанного предположения о возможности повторного их использования; мы никогда не узнаем, сколько и каких стрел было повторно использовано в ходе боя или подобрано и унесено уцелевшими воинами после боя.

Таким образом, параметр проникающей способности (но не останавливающего действия!) наконечника принимает несколько значений. Полагаем возможным обозначать его литерами латинского алфавита: P (от английского

Penetrative – проникающий) и Н (от Hammer – ударник), а двурогие срезни, которые имеют острия, уменьшающие вероятность рикошета, но в то же время имеют ограниченную глубину проникновения, обозначать литерой Y, которая имеет внешнее сходство с таким наконечником. Соответственно, длину рабочей части обозначаем в миллиметрах. Например “Н45” следует прочитать, как “Наконечник, способный причинять поверхностные повреждения (наконечник ударного действия) с длиной от носика до насада 45 мм”. Логичным представляется указывать здесь же через слэш и значение раствора рабочей части в градусах для наконечников Y-типа.

3. Сечение рабочей части наконечника, измеряемое как площадь геометрической фигуры, можно свести к четырем типам, которые обозначаются литерами:

- R (от Round – округлое, т.е. собственно круг и близкие к нему по форме многоугольники, площадь которых допустимо вычислять как площадь круга соответствующего диаметра);

- L (от Low-profile – уплощенный: растянутый прямоугольник, ромб с большой диагональю, двояковыпуклая линза, овал и иные уплощенные формы, близкие к пластинчатой, площадь сечения которых допустимо вычислять как произведение толщины пластины на ее ширину);

- T (Triangular – треугольник);

- Q (Quadrate – квадрат).

Соответственно, площадь сечения, которую необходимо знать для расчета сил торможения стрелы в среде, полагаем обозначать цифрами, которые обозначают величину в мм².

4. Способ насада полагаем свести к трем типам:

- A (Втульчатый; здесь предлагаемая литера несколько похожа на втульчатый наконечник в разрезе);

- V (Черешковый, здесь литера несколько похожа на черешок);

- N (Фрикционный насад костяных наконечников, здесь предлагаемая литера похожа на сопряжение контактных площадок наконечника и древка).

Представляется целесообразным через дробь указывать здесь же и диаметр упора и диаметр насада там, где он определяется однозначно, например, в области упора, для более точных оценок вероятной толщины древка и указывать длину насада. Там, где насад обломлен или сильно корродирован, помечаем конструктивный параметр знаком вопроса. Соответственно, глубина втулки может быть обозначена в миллиметрах, а длину черешка там, где нет упора для торца древка, видимо, следует определять, моделируя узел крепления таким образом, чтобы материал древка окружал насад, при условии, что диаметр древка ограничен (или близок к пределу) 10 мм.

Для уточняющего описания внешнего вида наконечников полагаем целесообразным сохранить существующие вербальные характеристики: лавролистный, шиловидный, долотовидный и т.п.

И тогда составленную по описанному принципу формулу F16-H35-L80-V8/4/30 следует прочесть так:

- F16 – железный наконечник массой 16 г;
- H35 – предназначенный для поверхностных ранений с длиной до насада 35 мм;
- L80 – представляющий собой пластину, которая имеет площадь сечения 80 мм²;
- V8/4/30 – с черешковым насадом, который имеет диаметр упора 8 мм, и максимальный диаметр черешка 4 мм, а длину 30 мм.

Изложим предлагаемую классификацию в виде таблицы 4.3. Для того чтобы получить инструмент для создания осмысленной реляционной базы данных, поместим в таблицу лишь наиболее вероятные области значений выделяемых признаков: так, например, каменный наконечник, представляющий собой пластину или ретушированный отщеп, вряд ли может оказаться втульчатый, и маловероятно, что его сечение в рабочей части и в области насада будет отлично от уплощенного и представлять разные геометрические фигуры. Трудно предположить и костяной наконечник в виде широкой тонкой пластины, ведь кость является относительно хрупким и многослойным материалом с различными прочностными характеристиками слоев.

Таблица 4.3. Существенные признаки наконечников стрел

Признак и область его значений					
Материал: W, S, O, C, F	W ood	S tone	O sseous	C uprum	F errum
Назначение: P, H, Y	P, H	P, H	P	P, H	P, H, Y
Сечение: R, L, T, Q	?	L	R, T, Q	R, L, T, Q	R, L, T, Q
Насад: A, V, N	?	V, N	A, V, N	A, V	A, V

С другой стороны, металлы дают возможность изготовления и втульчатого и черешкового компактного насада, и фрикционный узел крепления для металлического наконечника не нужен.

Из таблицы 4.3 видно, что всевозможные сочетания признаков дают в сумме около полусотни вариантов (или типов по образцу: O–P–R–A; C–H–T–V и т.д. с соответствующими цифровыми показателями в промежутках между литерами). Однако мы не считаем необходимым и возможным присваивать этим буквенным кодам какие-либо номера; во-первых, после инструментальных измерений параметров наконечника между буквами появляются цифры (см. выше), что придает каждому артефакту, описанному таким образом, индивидуальность, которая “противоречит” типологии, а во-вторых, у нас нет уверенности, что перечень минимально необходимых параметров и ассортимент их возможных сочетаний определены нами догматически раз и навсегда. Следовательно, наша типология остается открытой системой, которая благодаря заложенному в нее принципу резервности мо-

жет быть улучшаема, и с ее помощью могут быть описаны артефакты, параметры которых образуют неизвестные доселе сочетания.

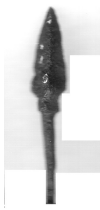
Кроме безграничной резервности предлагаемый способ кодирования, в отличие от рассмотренного аналога, является абсолютно универсальным. Так, с его помощью можно описать наконечники, которые имеют практическое применение (то есть, предназначены для стрельбы) для целей войны и охоты (за исключением, пожалуй, многозубых гарпунных наконечников). Классификация включает артефакты, которые изготовлены из всех известных доселе материалов (кроме драгоценных).

Предлагаемый способ позволяет осуществлять выборки из базы данных по тому или иному признаку, или по их совокупности.

4.3. Новые возможности с использованием реляционной базы

Рассмотрим возможности предлагаемого метода на конкретных примерах. Для этого исследуем несколько наконечников, обнаруженных в ходе раскопок Золотаревского городища в Пензенской области, которое в свое время было захвачено войском татаро-монголов². Изложим непосредственно воспринимаемые параметры исследуемых образцов в табличном виде (табл. 4.4) и в форме диаграммы.

Таблица 4.4. Кодированные параметры серии наконечников

Номер образца	1	2	3	4
Внешний вид				
Материал, код	F	F	F	F
Масса, г.	4,6	7,5	8,8	10,4
Назначение, код	P	P	P	H
Длина раб. части, мм.	27	54	55	54
Сечение в миделе, код	Q (ромб)	Q	L	L
Площадь, мм. ²	$\frac{1}{2} \times 7 \times 9 = 28$	$5 \times 6 = 30$	$14 \times 3 = 42$	$22 \times 2 = 44$
Тип насада, код	V	V	V	V
Диаметр упора, мм.	6	6	8	8
Диаметр/длина, мм.	3/28	4/?	5/47	5/40

² Образцы для исследования предоставлены автором раскопок, д-ром ист. наук, проф. Г.Н. Белорыбкиным, за что выражаем ему искреннюю признательность.

На приводимой диаграмме (рис. 4.1) видно, что исследуемое множество наконечников образует два подмножества по признаку длины рабочей части – у первого наконечника она вдвое короче, чем у остальных. И по признаку площади сечения наконечники образуют два подмножества: величиной близкой к 30 либо 45 мм². Диаметр насада изучаемых образцов в месте упора лежит в интервале 3–5 мм. Однако такой разброс данных может быть обусловлен коррозией металла наименьшего наконечника и в момент изготовления диаметр его насада был близок к 4 мм.

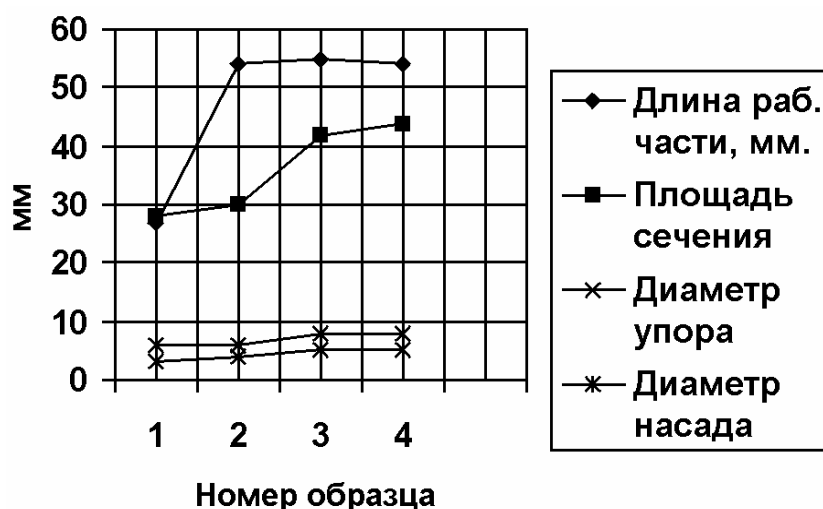


Рис. 4.1. Проектные параметры серии наконечников

Поэтому, скорее всего, по признаку диаметра насада следует выделить два подмножества. Иными словами, образцы исследуемой серии имели два стандартных размера насада, что могло требовать изготовления древков с посадочными отверстиями двух диаметров. Однако описание замеченных нами подмножеств не является самоцелью. Ведь мы приняли в качестве исходной парадигмы необходимость оценивать наконечники не по их качественным параметрам, а именно по тому техническому результату, который получает лучник, используя их для снаряжения своих стрел. Поэтому, попытаемся выявить принципиальные сходства и различия изучаемых наконечников с точки зрения их полетных и боевых характеристик.

Анализ построенной базы данных позволяет отметить следующее:

1. Сходство конструктивных параметров образцов № 3 и 4 сразу же бросается в глаза; мы видим тождественность значений по полям “Длина рабочей части”, “Площадь сечения в миделе”, “Диаметр упора” и “Диаметр насада”. Можно предполагать, что и по весу они входили в одну стандартизированную серию, а некоторую разницу массы образцов, зафиксированную нами – 8,8 г у № 3 против 10,4 г, можно объяснить разной степенью их корродированности. Иными словами, такие наконечники можно было использовать с одним и тем же стандартным древком; это древко должно было иметь в сво-

ем торце посадочное отверстие под черешок глубиной около 40 мм и диаметром около 4 мм.

Кроме того, обладая сходной массой, эти наконечники для обеспечения своего баланса в полете требовали древков со сходными массовыми характеристиками. Следовательно, их полетные характеристики могли быть сходными, и будучи выпущенными из одного лука (получив равный импульс), они летели бы по близким траекториям.

Оба рассматриваемых образца отличаются лишь назначением – заостренный носик у № 3 способствует более глубокому проникновению в тело цели. Однако равные значения площади сечения указывают на то, что при попадании в живую ткань обе стрелы вызывали образование временной пульсирующей полости равной площади. Только у образца № 4 максимальное поперечное сечение расположено у самого носика, то есть стрела с таким наконечником моментально передает свою кинетическую энергию и тормозится в поверхностном слое. Иными словами, в предположении единой пусковой установки оба рассмотренных наконечника образовывали боекомплект, давая командиру стрелкового подразделения возможность выбора того или иного снаряда в зависимости от его субъективных целей стрельбы на поражение или, напротив, нелетального останавливающего действия. Соответственно, поставленные перед боем задачи возможно было решать при организации боепитания (заполнения колчанов) снарядами необходимого типа.

2. Образец № 2 имеет сходство с образцами № 3 и 4 по длине рабочей части – во всех случаях она близка 55 мм. Проще всего объяснить это сходство наличием единого производственного стандарта, которым была установлена длина рабочей части до насада. Эта длина в 55 мм, видимо, является для исследуемого множества образцов не случайной, а модульной величиной, так как полная длина наименьшего наконечника № 1 также составляет 55 мм. Образцы № 1 и 2 имеют близкие величины сечения в миделе, и это максимальное сечение у обоих из них расположено на расстоянии около 20 мм от носика. Следовательно, они обладали сходным эффектом воздействия на цель. Однако масса наконечника № 1 составляет 4,6 г, а № 2 с учетом утраченной части черешка, не менее 8 г.

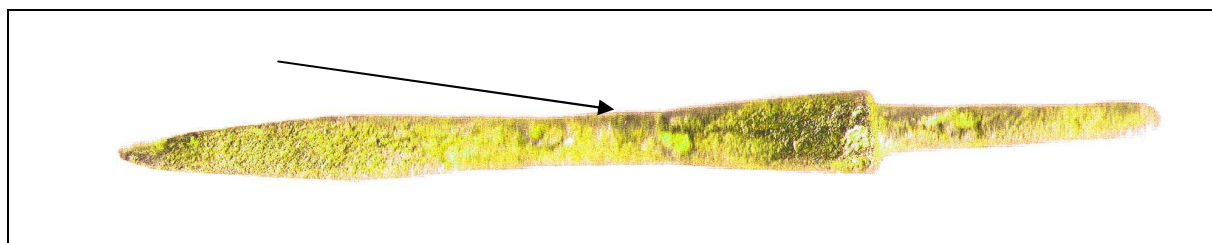


Рис. 4.2. Слоистая структура металла наконечника № 2; направление слоев показано стрелкой

На боковых поверхностях наконечника № 2 можно видеть (рис. 4.2), что структура его слоиста: логично полагать, что кузнец либо сварил воедино несколько обломков металла, либо взял два наконечника, близких по форме к № 1 и соединил их, наварив на носик одного черешок другого. При этом форма рабочей части образовавшегося изделия могла быть изменена с четырехгранной призмы (такое было у заготовок) на более простую долотовидную (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Пунктиром показана линия передней кромки наконечника № 2 до его доработки, стрелкой – наваренная часть (?), пунктирными стрелками – поверхности трения в ране

Наиболее реальным мотивом такой доработки нам видится желание увеличить массу наконечника простейшим способом – долотовидная режущая кромка не требует тщательности исполнения. Напротив, все поверхности четырехгранной призматической рабочей поверхности желательно иметь симметричными относительно продольной оси по соображениям баллистики цели. Кроме того, когда наконечник с долотовидной передней кромкой проникает в рану, две его поверхности (обратной стреловидности) сужаются к насаду (см. табл. 4.4, наконечник № 2) и силы трения на них почти не воздействуют. То есть мастеру требуется обеспечить при изготовлении изделия симметрию только двух трущихся плоскостей, расходящихся к насаду (на рис. 4.3 они указаны пунктирными стрелками). Но если четыре плоскости наконечника не симметричны и имеют прямую стреловидность, то среда, в которую они проникают, будет воздействовать на них по-разному, и стрела, отклоняясь от прямолинейного движения, быстро затормозится в материале защитного вооружения или раневом канале. Следовательно, четырехгранный призматический наконечник (в рассматриваемой серии это № 1) требует высокой квалификации исполнителя, способного обеспечить осевую симметрию плоскостей.

А зачем требовалось увеличение массы наконечника наваркой? Видимо затем, чтобы при известном проектном соотношении массы наконечника и древка получить возможность увеличить общую массу стрелы, а значит и ее кинетическую энергию.

3. В исследуемой серии мы видим три типа стрел по признаку их массы: легкую № 1, утяжеленную № 2 и тяжелые № 3 и 4. График, приводимый нами на рис. 4.4, дает возможность видеть, что значения масс распределены по линейному закону. Принцип построения этой закономерности нам пока не ясен, однако столь явно выраженное линейное распределение показателей представляется не случайным.



Рис. 4.4. Массы серии наконечников образуют линейную зависимость

4. Исследуемые наконечники являются черешковыми, и в месте соединения рабочей части с насадом все они имеют кольцеобразный упор для торца древка. По диаметру этого упора исследуемые образцы делятся на два подмножества: № 1 и 2 имеют упоры диаметром 6 мм, а тяжелые наконечники № 3 и 4 – диаметром 8 мм. Поэтому корреляция величины диаметра упора и массы снаряда представляется вполне логичной – ведь в момент удара в цель наконечник “останавливается”, а древко продолжает “двигаться” по инерции, воздействуя на упор, и увеличение контактной площадки сопряженных (но подвижных элементов) наконечника и древка уменьшает удельную нагрузку на дерево, которое на торце древка работает на смятие вдоль волокон. Кроме того, вполне логично видеть на наконечниках большей массы и более длинные черешки: в момент удара насад “раскалывает” древко поперек волокон, и большой черешок не только уменьшает удельную нагрузку на стенки посадочного отверстия, но и переносит контактную площадку (торец насада) в глубину древка, туда, где его материал менее ослаблен сверлиной. Отмеченные закономерности позволяют, на наш взгляд, реконструировать несохранившиеся черешки по сохранившейся рабочей части и наоборот.

Можно ли говорить, что для исследуемых наконечников зафиксированный диаметр упора соответствовал наружному диаметру несохранившегося древка?

Поставленный вопрос открывает поле применения нескольких исследовательских подходов. Во-первых, зная величину кинетической энергии стрелы в момент встречи с целью, которая необходима для нанесения проникающих ранений и показатели сопротивления смятию и скалыванию, известные для разных пород дерева (например, из Строительных Норм и Правил – СНиП) можно попытаться оценить минимальный диаметр древка, которое бы выдерживало нагрузку в момент удара. Однако правомерность применения данного подхода вызывает сомнения хотя бы уже потому, что древко по

крайней мере на глубину посадочного отверстия обматывалось ниткой, и прочностные характеристики такого крепления неизвестны.

В основу второго исследовательского подхода могут быть положены аэродинамические характеристики стрелы: известно, что стрела тратит свою энергию и тормозится в полете в основном не за счет наконечника (здесь он у нее обтекаем) а за счет трения древка о воздух. Соответственно, чем тоньше и короче древко, тем меньше его поверхность, меньше сила трения и т.д. Однако габариты стрелы связаны с массой наконечника, а также с габаритами и параметрами пусковой установки. Взаимные корреляции параметров описываются системами уравнений, которые положены в основу пакетов прикладных программ Osseus [Коробейников, Митюков (2)] и Archer [Коробейников, Митюков (3)], применение которых мы иллюстрируем. Кроме того, вопрос о диаметре древка может быть рассмотрен с позиций раневой баллистики; логично полагать, что для наконечников, рассчитанных на глубокое проникновение диаметр упора, скорее всего является индикатором диаметра древка (см. рассматриваемые образцы № 1 и 2 у которых упор ни в одной из проекций не выступает за габариты рабочей части). Ведь в противном случае древко, с сечением большим, чем диаметр раневого канала пробитого наконечником, просто застрянет в этом канале. Конечно, у проникающего наконечника № 3 в боковой проекции упор превышает толщину пластинчатой рабочей части, но ведь и сама длина рабочей части тут значительна (55 мм), и эта длина чуть не вчетверо превышает ширину наконечника в миделе. Иными словами, до того, как древко начнет “затираться” в раневом канале (например, в отверстии пробитого им доспеха), снаряд уже будет заглублен на величину, достаточную для летальных повреждений внутренних органов. То есть, для длинного наконечника диаметр древка, теоретически может превышать диаметр упора. Тяжелый наконечник № 4, рассчитанный по нашему мнению на причинение поверхностных повреждений, также имеет упор, диаметр которого превышает толщину пластинчатой рабочей части. Однако здесь проникновения древка за наконечником в рану не требуется и диаметр древка (при необходимости иметь тяжелое древко, соответствующее массе наконечника) также может превышать диаметр упора.

4.4. Демонстрация математического метода исследования

В литературе, посвященной истории метательного оружия, общим местом являются утверждения о том, что в одном колчане могли находиться уложенные наконечником вниз разные стрелы³ (будто в горячке боя, да на

³ “Стрелы в колчане укладывались оперением вверх. Поскольку в одном колчане находились стрелы с наконечниками различного назначения (бронбойные против шлемов, щитов и панцирей, срезни против вражеской конницы и незащищенных броней вражеских воинов и т.п.), то древки стрел у ушка красились в разные цвета, чтобы можно было быстро вынуть нужную стрелу” [Кирпичников, Медведев, С. 314].

скаку боец, не являющийся снайпером, выбирает подходящую стрелу, чтобы поразить противника именно в его защищенное или незащищенное место), что они были помечены полосками разного цвета⁴ (будто у бойца есть время ковыряться в колчане (который, кстати, часто носили за спиной?) и разглядывать полоски, и складывать назад ошибочно вынутую стрелу?), что стрелы соответствовали параметрам лука и физической силе стрелка⁵ (будто стрелы не изготавливались по стандарту миллионами штук, и, подобрав в бою неистраченный колчан убитого товарища или противника, лучник не сможет стрелять его стрелами и будет безоружен?) и т.п. Возможно, сказанное об ассортименте специально подготовленных снарядов может быть применимо к спортивной и охотничьей стрельбе, но относительно боевых луков такие утверждения могут допускать лишь люди безгранично далекие не только от военного дела и от тактики боевого применения стрелкового оружия, но и не имеющие представления о таких принципах производства вооружений, как стандартизация, унификация и взаимозаменяемость деталей и т.п.

Поэтому применение математических методов для изучения созданной базы данных о параметрах наконечников позволяет не только отказаться от общепризнанных (но, увы, голословных) постулатов, но и поставить новые исследовательские задачи, которые реконструируют не только недостающие параметры артефактов, но и воссоздают мотивы деятельности исторического субъекта.

Могли ли все наконечники исследуемой серии быть использованы для снаряжения стрел одинаковой длины?

Для ответа на этот вопрос введем параметры наконечников в расчетные формулы пакета программ Osseus. Зависимости, описываемые этими формулами, таковы:

На основании того, что по мнению исследователей масса стрелы в сборе в 5...7 раз превышает массу наконечника [Медведев, С. 51–52], следует, что

$$l = \frac{4 \cdot (5...9) m_n}{\pi d^2 \rho},$$

где l – длина древка; m – масса наконечника; d – диаметр древка; ρ – плотность дерева.

Интервалы полученных значений (в предположении, что все стрелы имели древко из березы, для которого $\rho = 0,6\text{--}0,8$ г/мм² и диаметр древка $d = 8$ мм) для всех исследованных образцов приводим в табл. 4.5.

⁴ “Существует предположение, что цветные полоски представляли собой метки, позволявшие воину отличать стрелы разных назначений” [Шокарев, С. 27].

“Древки стрел у оперения почти всегда окрашивали в разные цвета в зависимости от назначения наконечников. Лучник по окраске древка безошибочно вынимал нужную в соответствующей обстановке стрелу...” [Медведев, С. 20].

⁵ “Каждый лучник выбирал лук по своим силам, как и определял длину стрелы по своему росту и длине рук” [Кирпичников, Медведев, С. 313].

Таблица 4.5. Длина древка, вычисленная по массово-габаритному методу ($d = 8$ мм)

Номер образца	Длина древка min, мм	Длина древка max, мм
1	650	910
2	1060	1490
3	1250	1750
4	1470	2060

Из табл. 4.5 видно, что только для первого образца область значений длины древка является реальной; стрелы длиной более метра вообще маловероятны.

Анализ полученных данных позволяет выдвинуть следующие версии:

- Используемая зависимость, согласно которой масса стрелы в сборе в 5...7 раз превышает массу наконечника, не верна. Однако данные эти не могли быть получены иначе, как путем взвешивания отдельно древка и отдельно наконечника, следовательно, они объективны.

- Диаметр древков для образцов 2, 3, 4 значительно превышал диаметр упорной площадки, т.е. был больше 8 мм. Следовательно, эти стрелы имели длину меньшую, чем та, которую дал расчет.

Для проверки последнего предположения подставим в использованную формулу значение диаметра деревянной части в 10 мм. Полученные результаты отражены в табл. 4.6 и на диаграмме, помещенной на рис. 4.5.

Таблица 4.6. Длина древка по массово-габаритному методу

Номер образца	Длина древка min, мм	Длина древка max, мм
1	650	910
2	680	950
3	800	1120
4	940	1320

Примечание: для образцов № 2, 3, 4 $d = 10$ мм

Обратившись к диаграмме на рис. 4.5 видим, что максимум реконструируемой длины для самого легкого образца № 1 (910 мм) весьма близок к минимуму реконструируемой длины для самого тяжелого образца № 4 (940 мм), а значения для оставшихся образцов лежат в отмеченном интервале.

Области значений длины здесь настолько близки, что предположение о возможности стрельбы всеми этими наконечниками, насаженными на древко длиной 650–900 мм, становится вполне вероятным. Возможно, в реальности длина древка была меньше 900 мм, ибо для вычислений мы принимаем сечение древка постоянным, в первом приближении рассматривая его форму как цилиндр. Но реальное сечение древка могло быть веретенообразным, а удельный вес использованного дерева больше. Кроме того, мы считаем с помощью формулы только массу самого дерева и не учитываем массы возмож-

ного оперения и материала крепежного узла. Тем не менее, отмеченная закономерность позволяет заключить, что при прочих равных условиях все четыре наконечника исследуемой серии могли быть использованы с древком стандартной длины.

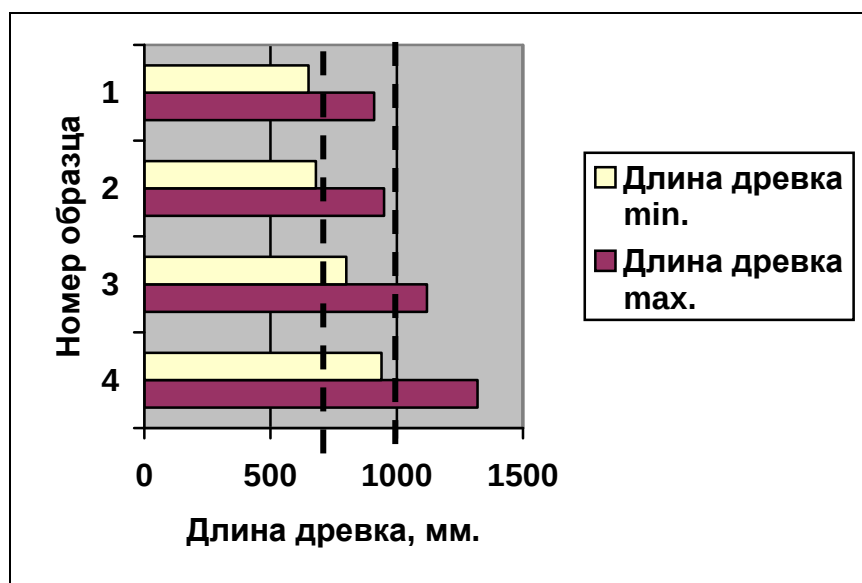


Рис. 4.5. Диаграмма областей значений длины древка, рассчитанной по массово-габаритному методу

Попробуем уточнить полученные данные о габаритах стрел с помощью аэродинамического подхода, также реализованного в пакете программ Osseus [Коробейников, Митюков (2)]. В основу метода положена выведенная баллистиками закономерность, согласно которой для устойчивого полета невращающегося снаряда с бесконечно малым оперением запас статической устойчивости должен составлять до 15 %.

Таблица 4.7. Длина древка, вычисленная по аэродинамическому методу

Номер образца	Длина древка min, мм	Длина древка max, мм
1	350	640
2	700	1290
3	720	1320
4	700	1290

Рассмотрев табл. 4.7, можно убедиться в том, что аэродинамические расчеты дают для множества наконечников области результатов, совпадающие по наличию закономерностей с теми, что получены с использованием массово-габаритного метода. И при аэродинамическом расчете максимум значения для первого образца (640 мм) весьма близок к минимуму значения для остальных образцов (~700 мм).

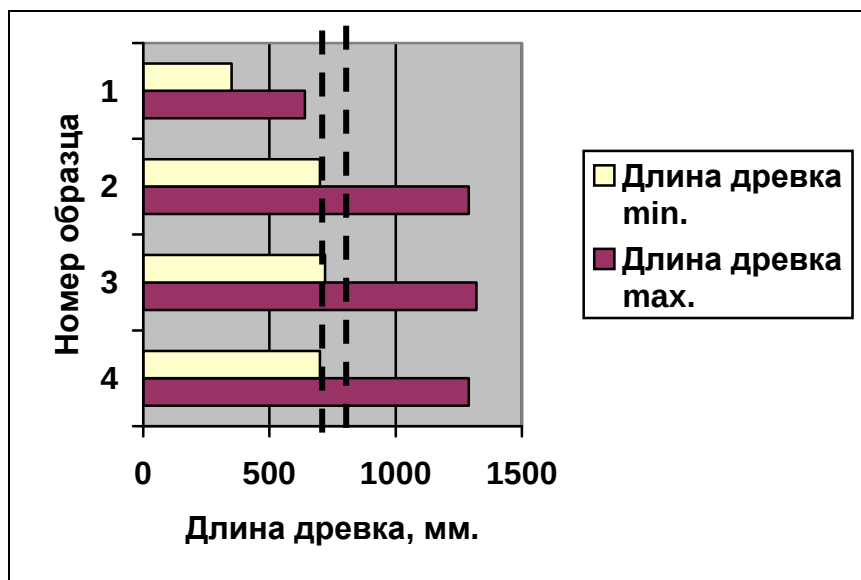


Рис. 4.6. Диаграмма областей значений длины древка, рассчитанной по аэродинамическому методу. Пунктиром показана область вероятных значений

На диаграмме, которую мы помещаем на рис. 4.6, видно, что область вероятной длины древка, рассчитанная по аэродинамическому методу для всех наконечников исследованной серии лежит в интервале 640–700 мм. Это подтверждает ранее сделанный вывод о том, что все из исследованных наконечников могли являться частью стрел, стандартизированных по длине.

А могли ли все эти стрелы быть носимы в одном колчане для того, чтобы в случае крайней нужды использоваться без разбора их принципиального отличия с точки зрения проникающей способности? Иными словами, можно ли было стрелять этими стрелами по одной траектории? Для ответа на этот вопрос прибегнем к программному продукту Archer [Коробейников, Митюков (3)], который основан на законах физики, описывающих полет тела по баллистической траектории. В качестве исходных данных примем, что сила натяжения тетивы во всех случаях составляет 200 Н (около 20 кг), амплитуда движения тетивы составляет 0,6 м, высота стрелка 1,5 м, а угол возвышения траектории 5°. Остальные данные об исследуемых наконечниках, вычисленные нами, возьмем из составленных ранее таблиц. Изложим полученные результаты в виде сводной табл. 4.8.

Глядя на приводимую табл. 4.8, отметим, что в предположении о близости длин древков, логичным становится и предположение о том, что для вхождения в серию по признаку длины самый легкий наконечник (№ 1) должен иметь наибольшее отношение своей массы к массе стрелы в сборе (колонка № 3). Сведения о дальности полета (колонка № 6) свидетельствуют, что при стрельбе с малым углом возвышения разброс по дальности составляет почти 25 м (рис. 4.7).

Таблица 4.8. Баллистические характеристики исследуемого множества наконечников вычисленные при помощи пакета программ Archer

1	2	3	4	5	6	7
Номер образца	Диаметр древка, мм	Отношение масс наконечника и стрелы	Масса стрелы в сборе, г.	Скорость дульная / у цели м/с	Дальность полета, м	Высота траектории, м
1	8	1/7	32,2	61,0 / 57,7	77	2,92
2	10	1/5	37,5	56,6 / 53,0	67	2,71
3	10	1/5	44	52,0 / 49,8	60	2,54
4	10	1/5	52	48,0 / 46,5	52,8	2,38



Рис. 4.7. Дальность полета стрел с исследуемыми наконечниками образует линейную зависимость

Кроме того, из приводимых данных следует, что несмотря на разницу максимальной дальности полета, все стрелы с исследуемыми наконечниками летят по траектории, наивысшая точка которой не превышает два человеческих роста (колонка № 7, табл. 4.8). Следовательно, любой из этих стрел возможно производить прицеливание на корпус выше цели (рис. 4.8, Фигура 1). Иными словами, закономерно полагать, что в пределах минимальной дистанции до 53 м эти разные стрелы летели по настильной траектории настолько сходной, что позволяло бы стрелку в горячке боя не корректировать ни амплитуду натяжения тетивы, ни угол возвышения, а при стандартных исходных данных стрельбы посылать снаряды со столь различными наконечниками в ростовую цель, поражая ее.

Кроме того, рассмотренный ассортимент стрел, если предполагать, что в бою они находились в одном колчане, дает возможность считать, что ими можно было поражать групповые цели. Так, лучник, вытянув стрелу из колчана наугад, накладывал ее на тетиву, идентифицируя при этом по внешнему виду наконечника. Видимо, он знал, что если в руках у него оказалась стрела

с наконечником № 1, то в случае промаха на настильном участке траектории он поразит данным снарядом ростовую цель (при прочих равных условиях стрельбы), которая расположена на дистанции 77 м, а если вынутая стрела оказывалась снаряженной наконечником № 3, то лучник мог надеяться на поражение цели на дистанции в 60 м и т.п. (рис. 4.8). Следовательно, ассортимент стрел (в одном колчане) теоретически позволял стрелку поражать эшелонированные боевые порядки на глубину до 20 м не меняя при этом настройки “пусковой установки”⁶; рассеивание попаданий по дальности, обеспеченное разностью метаемых снарядов, в этом случае играло положительную роль (к слову, в станковых пулеметах для достижения эффекта рассеивания в глубину используют специальное устройство).

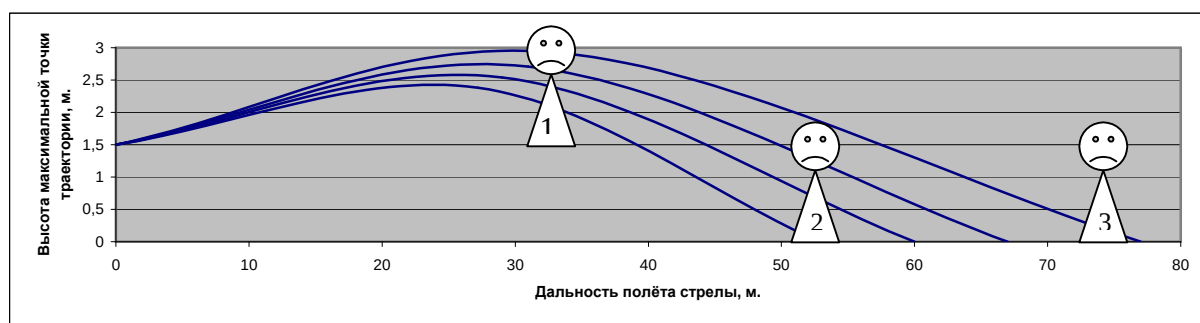


Рис. 4.8. Семейство траекторий полета стрел исследуемого множества.
Верхняя траектория – наконечник № 1, нижняя – № 4

Полученные нами значения дистанций образуют числовой ряд: 77–67–60–53.

Шаг дистанции рассеивания снаряда (кроме случая с легким наконечником № 1) составляет здесь 7 м, и вряд ли является простой случайностью. Возможно, этот параметр совпадает с величиной “тени цели” для определенного угла встречи.

Итак, анализ внешней баллистики объектов исследуемого множества позволяет считать, что их ассортимент был создан целенаправленно и они могли входить в единую систему вооружений.

А что может дать их анализ с точки зрения раневой баллистики? Вспомним, что величина кинетической энергии движущегося тела определяется как половина произведения его массы на квадрат скорости. Массы стрел в сборе и скорости их в точке падения (у цели) известны. Произведем необходимые вычисления (с помощью программы “Archer”, либо по данным табл. 4.8) и изложим их результаты в виде диаграммы (рис. 4.9).

⁶ Если стрелки стоят более чем в одну шеренгу, то они имеют мало возможностей для прицеливания и для произвольного изменения угла возвышения.

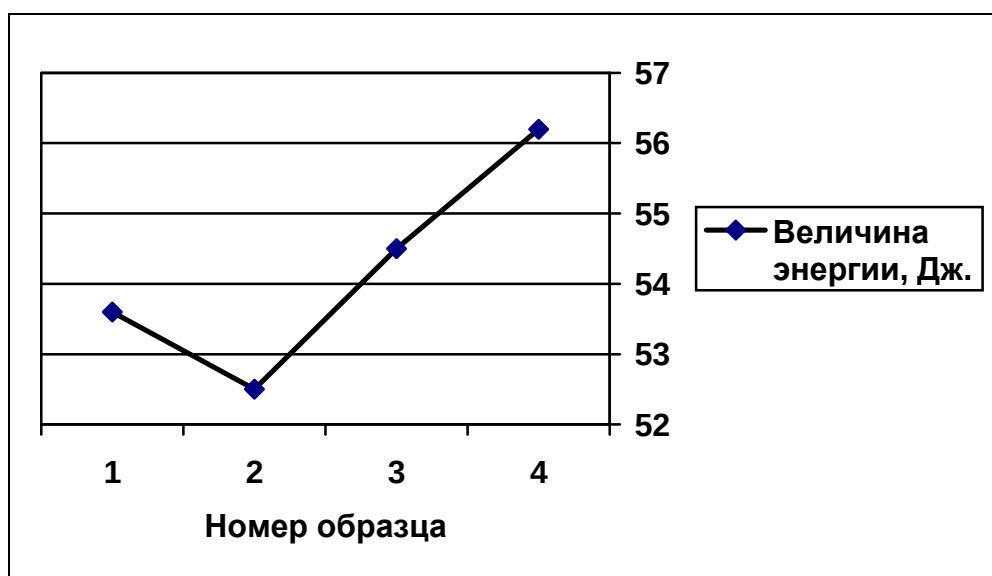


Рис. 4.9. Кинетическая энергия стрел с исследуемыми наконечниками, воздействующая на цель

Результаты вычислений показывают, что величины кинетической энергии в точке падения для всего множества исследованных объектов, несмотря на их формальное разнообразие, лежат в интервале 52–56 Дж. Отмеченная особенность, на наш взгляд, может служить еще одним аргументом в пользу тезиса о единстве происхождения и универсальности использования всех исследованных наконечников. “Тупоконечный” образец № 4 обладает наибольшей кинетической энергией, и вовсе не безобиден по сравнению с остроконечными образцами: эффект от его попадания вполне можно сравнить с ударом молотком по телу (доспеху). То есть и на максимальной дистанции стрела с таким наконечником вполне способна произвести останавливающее действие через проникающее ранение грудной клетки⁷.

Заключение

Авторы отдают себе отчет в том, что рассмотренное множество наконечников является настолько малым, что вряд ли произведет впечатление на деятелей академической науки.

Однако это множество было привлечено исключительно для демонстрации принципов создания и возможностей анализа базы данных с помощью некоторых методов, свойственных математике. Как представляется, привлечение этого множества явилось достаточным условием для поставленной цели. Разумеется, выводы авторов могут и должны быть проверены исследователями вооружений.

⁷ См. стр. 10–11 настоящего издания.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	3
1.1. Зачем и как изучать действие снаряда по цели на основе археологических данных	3
1.2. Поражающие факторы стрелы	5
1.3. Примеры раневой баллистики по данным археологии.....	9
2. Общие сведения по аэробаллистической проблематике.....	18
2.1. Основная задача внешней баллистики стрелы.....	18
2.2. Обязательные допущения внешней баллистики	21
2.3. Величина силы лобового сопротивления	24
2.4. Закон силы лобового сопротивления для стрел	32
2.5. Постановка задач для эксперимента	44
3. Реконструкция параметров стрел расчетными методами.....	47
3.1. Описание ситуации	47
3.2. Слагаемые силы лобового сопротивления стрел	48
3.3. Оценка параметров стрелы через параметры наконечника	50
3.4. Длина стрелы и исследовательские подходы к реконструкции лука.....	59
3.5. Баллистическая реконструкция стрел	64
4. Принципы и возможности реляционной базы данных о стрелах	71
4.1. Ограниченность типологии А.Ф. Медведева и ее клонов.....	71
4.2. Архитектура и принципы построения базы данных.....	75
4.3. Новые возможности с использованием реляционной базы	79
4.4. Демонстрация математического метода исследования.....	84
5. Стрела из могильника Пыштайн.....	92
5.1. Натурная реконструкция и типологизирование наконечника	92
5.2. Реконструкция стрелы в сборе.....	100
6. Бронебойные проникающие малых энергий	104
6.1. Некоторые концептуальные аналоги	105
6.2. О научном подходе к моделированию бронепробития.....	110
6.3. Краткий перечень энергозатрат стрелы	111
6.4. Механизм пенетрации и типология стрел.....	112
6.5. Фрикционная гипотеза пенетрации и ассортимент наконечников	116
6.6. Срезень – бронебойное оружие массовой армии?	122
Заключение	131
Литература	133

Научное издание

Коробейников Алексей Владимирович
Митюков Николай Витальевич

Баллистика стрел по данным археологии: введение в проблемную область

Верстка *Н.В. Митюкова*
Корректор *С.А. Перевозчикова*

Подписано в печать 23.12.2006. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать на ризографе. Усл. печ. л. 8,14. Уч.-изд. л. 7,13.
Тираж 300 экз. Заказ № 304.

Редакционно-издательский отдел
Камского института гуманитарных и инженерных технологий
426057, г. Ижевск, ул. Советская, 13.