

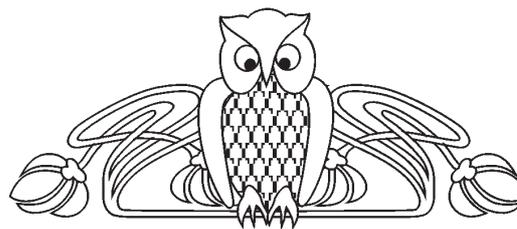


УДК 343.98

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОРУЖИЯ ПО СЛЕДАМ НА ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПУЛЯХ

В. А. Федоренко

Научно-образовательный институт наноструктур и биосистем  
Саратовского государственного университета  
E-mail: fed77@yandex.ru



В работе рассмотрена классификация основных типов деформаций пуль, возникающих при ударе о прочную преграду. Определены деформации, при которых следы на выстреленных пулях могут быть признаны ограниченно пригодными к идентификации. Предложен алгоритм сравнительного исследования следов на деформированных пулях при идентификации оружия.

**Ключевые слова:** деформированная пуля, идентификация, следы на пулях, трассы, автоматизированные идентификационные баллистические системы.

### Weapon Identification on Traces on the Deformed Bullets

V. A. Fedorenko

In work classification of the basic types of deformations of the bullets caused by blow about a strong barrier is considered. Deformations at which traces on the shot bullets can be recognized restrictedly by suitable to identification are defined. The algorithm of comparative research of traces on the deformed bullets is offered at weapon identification.

**Key words:** deformed bullet, identification, traces on bullets, striation, automated ballistic identification systems.

При попадании в прочную преграду пули приобретают ту или иную деформацию. Идентификация оружия по следам на таких пулях представляет некоторые проблемы как технического, так и методологического характера. В данной работе изучается возможность проведения проверок по электронным пулетекам по цифровым изображениям следов на деформированных пулях.

В работе<sup>1</sup> показано, что все деформации пуль можно разбить на четыре группы: 1) деформации, которые не приводят к какому-либо значимому локальному или общему изменению площади исследуемой поверхности пули. Например, такие деформации имеют пули, поперечное сечение которых в результате бокового соударения с преградой приобрело форму эллипса; 2) пули, диаметр ведущей части которых в результате удара увеличился на одну и ту же величину по всей её высоте (то есть за счет деформации произошло увеличение диаметра всей ведущей части пули); 3) пули, у которых произошло неравномерное изменение площади только на отдельном участке её ведущей части. Например, на рис. 1, *a* представлены пули, у которых головная часть приобрела грибовидную форму, а на интервале высот *b-c* диаметр ведущей части увеличился на постоянную величину  $\Delta D$  либо вообще не изменился; 4) пули, площадь поверхности ведущей части которых по

всей длине изменилась неравномерно. Часто в результате таких соударений с прочной преградой пули приобретают конусообразную, каплевидную или более сложную форму (рис. 1, *б*).



Рис. 1. Пластическая деформация пуль: *a* – приводящая к неравномерному изменению площади поверхности ведущей части на интервале высот *a-b*; *б* – приводящая к неравномерному изменению площади поверхности ведущей части по всей её длине

Для деформированных пуль из первой группы можно отметить, что индивидуальные признаки оружия (трассы) в следах на этих объектах не претерпевают существенных искажений, исключая процесс идентификации. При таких деформациях расстояния между трассами и их ширина практически не изменятся при условии, что ширина трасс намного больше их глубины. На рис. 2 представлены распределения по ширине освещенных (светлых) участков трасс следов канала ствола пистолета Макарова с малым и средним износом: *a* – ширина трасс первичного следа; *б* – ширина трасс следа дна нареза. Видно, что для более 70% трасс значения ширины их освещенных участков лежат в пределах 5–20 мкм для первичного следа и 10–30 мкм для следа дна нареза. При этом глубина трасс лежит в пределах 1–2 мкм. Поэтому относительно плавное изменение кривизны поверхности ведущей части не ведёт к сколь-нибудь значимому изменению ширины трасс и расстояний между их центрами. Следы на пулях с такой деформацией можно считать пригодными к идентификации в целом и проведению проверок по электронным пулетекам в частности.

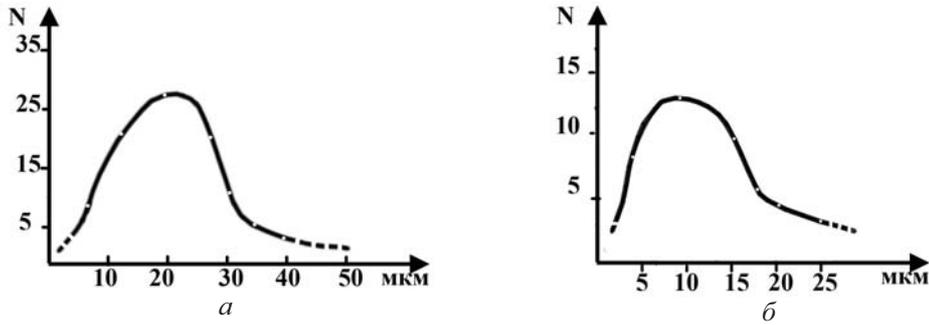


Рис. 2. Распределение ширины светлых участков трасс в следах канала ствола с малым и средним износом: *a* – трассы первичного следа; *б* – трассы следа дна нареза

Однако следует помнить, что эллиптичность пули в поперечном сечении не может быть слишком большой, иначе возникнут существенные искажения следов на участках с малым радиусом закругления. Под эллиптичностью будем понимать отношение длины большой оси эллипса поперечного сечения пули к длине её малой оси. Эллиптичность не должна превышать значений 2–2.5. В случае возникновения более существенных деформаций участки с малым радиусом закругления следует признавать не пригодными к сравнительному исследованию. При получении с помощью баллистических идентификационных систем цифровых разверток боковой поверхности сильно деформированных пуль такие участки необходимо выделять и, очевидно, исключить проведение автоматического поиска по ним (рис. 3).

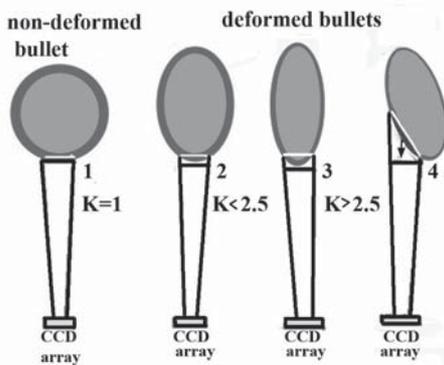


Рис. 3. Искажения следовой картины, связанные с крутизной поверхности пули

Рассмотрим теперь следы на пулях, диаметр ведущей части которых в результате удара о прочную преграду увеличился практически на одну и ту же величину по всей её длине. При сравнении методом совмещения следов на пулях, имеющих разную радиальную деформацию, совпадающие трассы-признаки будут расходиться. Чем дальше от точки пространственной синхронизации совпадающих признаков, тем больше расхождение (рис. 4). Из рисунка видно, что при разнице диаметров исследуемых пуль на 0.4 мм совпадающие трассы существенно расходятся на

краях сравниваемых вторичных следов. В работе<sup>2</sup> показано, что при разности диаметров пуль не более 0.25 мм совпадающие трассы шириной более 20 мкм могут быть совмещены на всей ширине вторичных следов.

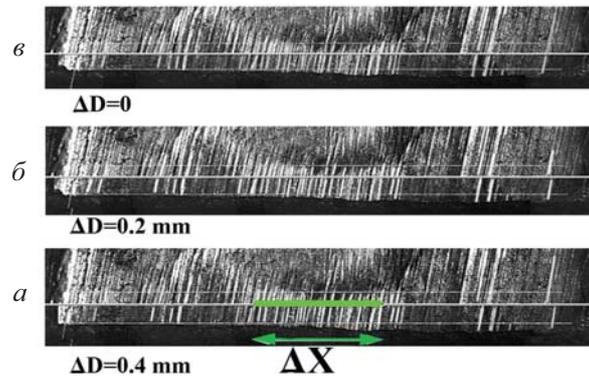


Рис. 4. Совмещение трасс во вторичном следе пуль, выстреленных из одного экземпляра оружия: *a* – диаметры сравниваемых пуль совпадают; *б* – диаметр нижней пули на 0.2 мм больше, чем диаметр недеформированной нижней пули; *в* – диаметр нижней пули на 0.4 мм больше, чем диаметр недеформированной верхней пули; буквой  $\Delta X$  обозначен отрезок, на котором возможно совмещение совпадающих трасс

Для обоснования возможности определения тождества необходимо определиться с величиной допустимой радиальной деформации одной пули относительно другой. Под радиальной деформацией будем понимать увеличение диаметра пули при её столкновении с жёсткой преградой.

Исходя из общих соображений, можно отметить, что выраженность трасс в следах не зависит от калибра оружия. Поэтому степень расхождения совпадающих трасс определяется разностью диаметров сравниваемых пуль и непосредственно не зависит от калибра снаряда. В таблице представлены максимальные значения радиальной деформации  $\Delta \epsilon_{\max}$  одной пули относительно второй, когда совпадающие трассы могут совместиться на всей ширине вторичного следа (составлена для пуль, выстреленных из оружия с 4 нарезами, и для трасс средней выраженности).



**Максимально допустимые значения  
радиальной деформации пуль**

Калибр, мм	$\Delta \varepsilon_{\max}$
5.45; 5.6	0.044
7.62; 7.63; 7.65	0.032
9.0; 9.2	0.027
11.43	11.43

В качестве примера рассмотрим следующую ситуацию. Пусть на исследование поступили две пули калибра 7.62 мм, выстреленные из оружия с 4 нарезами. Действительный диаметр одной из них 8.0 мм, а второй, попавшей в более прочную преграду и получившей значительную радиальную деформацию, – 8.2 мм. Тогда величина радиальной деформации второй пули относительно первой равна 0.025 ( $\Delta \varepsilon = \Delta D/D$ , где  $D$  – диаметр пули,  $\Delta D$  – разность диаметров исследуемых пуль). Таким образом, на этих пулях совпадающие трассы могут быть совмещены на всей ширине вторичных следов.

Однако в случае проведения проверок по пулетекке ситуация с исследуемыми пулями может несколько усложниться. Большинство пуль калибра 7.62 мм, формирующих пулетекку, имеют действительный диаметр 7.8–7.9 мм, поэтому по следам на пуле диаметром 8.0 мм возможна полноценная проверка по электронной пулетекке, а по пуле диаметром 8.2 мм эффективность проверки может быть намного ниже. Действительно, деформация второй пули по отношению к пулям диаметром 7.8–7.9 мм составляет от 0.05 до 0.037, что больше величины 0.032. Это означает, что совпадающие признаки могут совместиться только на ограниченном участке вторичного или первичного следа, поэтому следы на второй пуле можно признать ограниченно пригодными к проведению проверок по пулетеккам.

При поступлении с места происшествия на исследование пуль, деформации которых относительно друг друга больше чем  $\Delta \varepsilon_{\max}$ , совпадающие трассы совместятся не на всей ширине сравниваемых следов. Зная величину относительной деформации пули, можно оценить длину участка развёртки пули  $\Delta X$ , на которой возможно совмещение совпадающих трасс (для трасс шириной не менее 20 мкм):

$$\Delta X = \left( \frac{L_{\text{ср}} \times \Delta \varepsilon_{\max}}{\Delta \varepsilon} \right), \quad (1)$$

где  $\Delta \varepsilon$  – значение радиальной деформации одной пули относительно второй;  $L_{\text{ср}}$  – средняя ширина вторичного следа.

Например, если  $\Delta \varepsilon_{\max} = 0.027$ ,  $L_{\text{ср}} = 2$  мм, а значение относительной радиальной деформации пули, калибра 9 мм, поступившей на исследование,  $\Delta \varepsilon = 0.05$ , то  $\Delta X \approx 1.1$  мм. Чем короче участок  $\Delta X$ , тем меньше вероятность того, что

совпадающие трассы на таком отрезке образуют индивидуализирующую совокупность признаков, достаточную для обоснования категорического положительного вывода.

В качестве оценки степени совпадения следов в баллистических идентификационных комплексах вычисляется функция их кросс-корреляции. На рис. 5 представлена функция кросс-корреляции следов, сформированных одним полем нареза. Видно, что функция имеет максимум вблизи точки нулевого сдвига (сдвиг одного следа относительно второго не превышает ширины следа холостой и боевой грани), что является признаком возможного криминалистического тождества изображений.

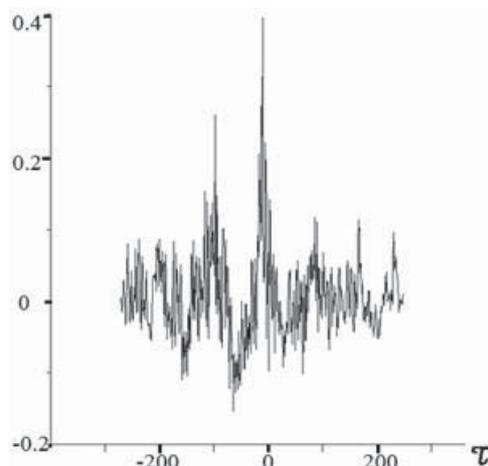


Рис. 5. Функция кросс-корреляции следов, сформированных одним полем нареза

Исследование следов на пулях, относящихся к третьей группе, ничем принципиальным не отличается от исследования пуль, относящихся ко второй группе. Особенность заключается в том, что для исследования могут быть рекомендованы следы на тех участках ведущей части пули, деформация которых соответствует деформациям первой или второй группы (рис. 1, а, отм. в–с). Соответственно сканировать боковую поверхность пуль следует на участках в–с и проводить автопоиск по электронной пулетекке по изображениям следов на этих участках.

Рассмотрим теперь возможность проведения сравнительных исследований по следам на пулях, относящихся к четвертой группе (рис. 1, б). В связи с тем, что на всей следонесущей поверхности пуль произошло разномасштабное искажение следовой картины, следы можно признать либо непригодными к идентификационному (сравнительному) исследованию, либо ограниченно пригодными. Непригодными к идентификационному исследованию можно признать следы на пулях, получивших сложную деформацию, величину которой невозможно точно оценить. К таким можно отнести следы на второй и третьей пуле, представленных на рис. 1, б. Ограниченно пригодными к идентификационному исследованию могут быть



признаны следы на первой пуле, представленной на данном рисунке.

Рассмотрим две основные ситуации для пуль 4-й группы, следы на которых ограничено пригодны к идентификации.

*1-я ситуация.* Пусть на исследование поступили две пули, схематично представленные на рис. 6, а. При столкновении с жесткой преградой

ведущая часть пули № 1 приобрела коническую форму. За счет этого трассы на ней плавно расходятся при их приближении к головной части. Ведущая часть сравниваемой пули № 2 представляет собой цилиндр, диаметр (D) которого равен значению A. Сравнительное исследование следов на них может быть проведено по следующему алгоритму.

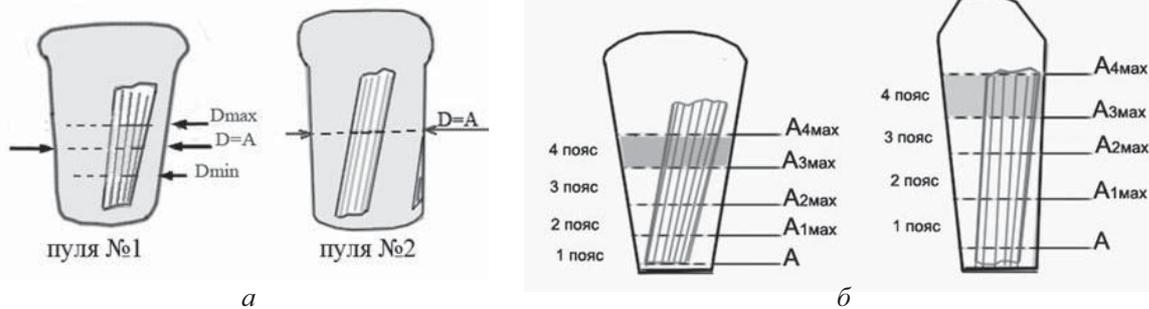


Рис. 6. Деформированные пули, поступившие на исследование: а – ведущая часть одной из пуль имеет цилиндрическую форму; б – обе пули имеют коническую форму

Сначала определяется высота, на которой диаметр ведущей части первой пули равен диаметру второй. После этого определяется допустимый для сравнительного исследования следов разброс значений диаметра первой пули ( $D_{(max/min)}$ ) по формуле

$$D_{max/min} = A(1 \pm \Delta\epsilon_{max}) \quad (2)$$

$$\text{или } D_{max} = A(1 + \Delta\epsilon_{max});$$

$$D_{min} = A(1 - \Delta\epsilon_{max}).$$

Далее, проводя измерения, необходимо определить высоту пояса развертки первой пули, максимальный и минимальный диаметры которого не превышают значений, рассчитанных по формуле (2). При дальнейшем исследовании первой пули необходимо сравнивать только те следы, которые располагаются в пределах выделенного пояса, диаметр которого в нижней части равен  $D_{min}$ , а в верхней части –  $D_{max}$  (см. рис. 6, а). Соответственно, при проведении проверок по электронным пулетекам на деформированной пуле № 1 следует сканировать следы только в пределах обозначенного пояса.

*2-я ситуация.* На исследование поступили две пули, ведущие части которых в результате деформации имеют коническую конфигурацию (см. рис. 6, б). В этом случае поверхности ведущих частей пуль необходимо разбить на равное число поясов следующим образом:

1) средние значения диаметров поясов с одними порядковыми номерами должны совпасть;

2) высоты поясов должны обеспечивать совмещение трасс, расположенных в верхней (нижней) части выделенного пояса одной пули, с совпадающими трассами, расположенными в

нижней (верхней) части пояса с этим же порядковым номером на второй пуле.

Можно предложить различные схемы определения максимальных и минимальных значений диаметров поясов ведущих частей пуль, в пределах которых сравнение следов корректно. Рассмотрим только одну из них.

Исследование логично начать с участков, наименее подверженных деформациям (чаще всего вблизи дна пуль. Если за наименьший диаметр ведущих частей исследуемых пуль принять значение A (см. рис. 6, б), то максимальный и минимальный диаметр каждого пояса будет определяться выражениями

$$D_{N(max)} = A(1 + \Delta\epsilon_{max})^N, \quad (3 а)$$

$$D_{N(min)} = A(1 + \Delta\epsilon_{max})^{N-1}, \quad (3 б)$$

где N – порядковый номер пояса.

Сравнивать между собой необходимо следы в поясах с одними порядковыми номерами. В качестве примера на рис. 7, а) представлены две пули, выстреленные из одного экземпляра револьвера «Наган». По формуле (2) были определены пояса, на которых корректно сравнение следов. Результаты совмещения совпадающих трасс в сравниваемых следах представлены на рис. 7, б).

Приведенный пример наглядно демонстрирует основные трудности сравнительного исследования следов на объектах с такой деформацией:

1) конусность ведущих частей сравниваемых пуль не должна сильно различаться, иначе пояса развѐрток, имеющие одни порядковые номера, будут располагаться на принципиально разной высоте, что может дополнительно осложнить процесс идентификации;

2) конусность ведущих частей сравниваемых пуль не должна быть большой. В противном слу-

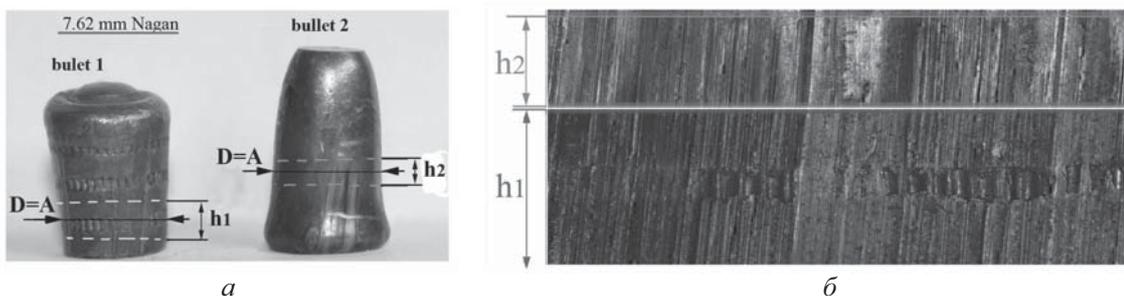


Рис. 7. Сравнение следов на пулях, имеющих коническую форму: а – пули, поступившие на исследование; б – результат сравнения следов в пределах выделенных поясов

чае резко увеличится число поясов, на которые необходимо разбивать развертки пуль, что приведёт к вырождению высоты самих поясов и принципиальному усложнению процесса идентификации;

3) при использовании автоматизированных идентификационных баллистических систем для получения цифровых изображений следов скани-

ровать необходимо каждый N-й пояс отдельно. При этом середина пояса записи должна совпадать с высотой, на которой пуля имеет диаметр  $D_N$ . При проведении проверок по электронной пулетеке рекомендуется использовать цифровые изображения поясов, полученные сканированием участков с минимальной радиальной деформацией пули.

#### Примечания

<sup>1</sup> Федоренко В. А., Семенова К. М. Влияние деформации выстреленных пуль на искажение идентификационной

информации в следах на них : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. по криминалистике и судебной экспертизе. М., 2009. С. 325–328.

<sup>2</sup> Там же.

УДК 343.98

## ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОВТОРЯЕМОСТИ СЛЕДОВ УСТОЙЧИВОСТИ И КАЧЕСТВА ДЛЯ АМЕРИКАНСКОЙ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИСТ SRM СТАНДАРТА ПО ПУЛЯМ И ГИЛЬЗАМ



Дж. Сонг, Р. Томпсон\*, Т. Ворбургер, С. Баллоу, Дж. Йен, Т. Ренегар, А. Женг, Р. Сильвер, М. Олс\*\*

Национальный институт стандартов и технологий (НИСТ), США  
E-mail: jun-feng.song@nist.gov

\*E-mail: robert.m.thompson@nist.gov

\*\*Бюро по алкоголю, табаку, огнестрельному оружию, взрывчатым веществам (АТФ), США

В работе представлен положительный опыт реализации национального проекта по баллистическому идентификационному сравнению изображений, проведенному Национальным институтом по стандартам и технологиям США (НИСТ) совместно с Бюро по алкоголю, табаку, огнестрельному оружию и взрывным устройствам (АТФ). Этот проект направлен на обеспечение качества работы баллистических идентификационных лабораторий США.

**Ключевые слова:** криминалистика, следовая устойчивость, баллистическая идентификация, справочные материалы (SRM), стандарт по пулям, стандарт по гильзам, Национальная объединенная баллистическая информационная сеть (НОБИС).

#### Establishing a Traceability and Quality System for U.S. Ballistics Identification Using NIST SRM Standard Bullets and Cartridge Cases

J. Song, R. Thompson, T.V. Vorburger, S. Ballou, J. Yen, T. Renegar, A. Zheng, R. Silver, M. Ols\*\*

Positive results of introduction of project NBIC conducted by NIST in conjunction with ATF. The project is designed to ensure the quality of ballistic identification ballistic laboratories in the USA.

**Key words:** forensic science, traceability, ballistics identification, standard reference material (SRM), standard bullet, standard cartridge case, National Integrated Ballistics Information Network (NIBIN).