

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра материаловедения, технологии
и управления качеством

**ПРИЗНАКОВАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ДИНАМИЧЕСКИХ СЛЕДОВ НА
ВЫСТРЕЛЕННЫХ ПУЛЯХ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ИДЕНТИФИКАЦИИ ОРУЖИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки магистратуры 2 курса 208 группы
направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»
профиль «Криминалистическое материаловедение»
факультета нано- и биомедицинских технологий

Крестининой Ирины Александровны

Научный руководитель
доцент, к.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

В.А. Федоренко

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой
профессор, д.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.Б. Вениг

инициалы, фамилия

Введение. Целью выпускной квалификационной работы являлось исследование вариативности признаков динамических вторичных следов на выстрелянных пулях и возможность идентификации огнестрельного оружия по следам полей нарезов на деформированных пулях. Актуальность данного исследования определяется тем, что при сравнении динамических следов методом совмещения каждый эксперт решает для себя вопрос: какие трассы можно считать совпадающими? От данного субъективного решения зависит число совпавших трасс в сравниваемых следах и, в конечном счете, окончательный вывод эксперта по идентификационному исследованию. Поэтому формирование критериев отнесения трасс в совмещенных следах к категории «совпадающие» (при условии совпадения групповых признаков), основанных на результатах исследований совпадающих и различающихся следов полей нарезов является актуальной задачей.

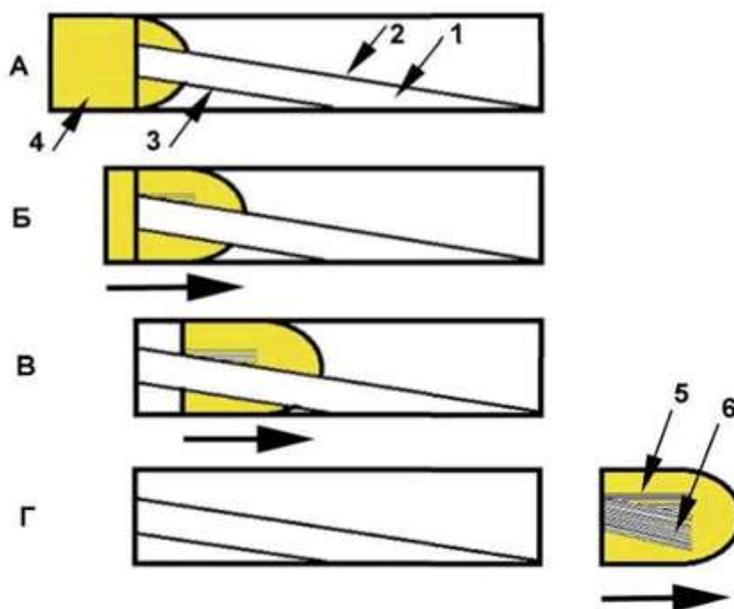
В данной работе исследования проводились со следами полей нарезов (вторичными следами) на пулях, покрытых томпаком.

При выполнении выпускной работы были решены следующие задачи:

1. при исследовании признаковой неустойчивости динамических следов проанализировано распределение по ширине заведомо совпадающих трасс, определена величина их стандартного отклонения по ширине;
2. Сформированы критерии допустимой вариативности совпадающих трасс в совпадающих следах и соответственно, критерии отнесения трасс к категории «совпадающие» в совмещенных динамических следах;
3. Изучено и апробировано на практике сравнение следов методом расчета функции взаимной корреляции для сегментов профилей следов;
4. Исследовано отображение в следах воздействие раскалённых продуктов выстрела на томпаковое покрытие вдоль следа холостой грани и в области первичных следов и возможность использования данных следов при идентификации оружия.

Основное содержание работы

Признаковая неустойчивость динамических следов. Образование следов на пуле в момент выстрела непосредственно связано с особенностями ее движения по каналу ствола (рисунок 1).



А – положение пули перед началом движения; Б – начало поступательного движения пули и образования первичного следа поля нареза; В – начало поступательно-вращательного движения и образования вторичного следа поля нареза; Г – завершение образования вторичного следа поля нареза при вылете пули из канала ствола (1 – поле нареза, 2 – холостая грань нареза, 3 – боевая грань нареза, 4 – пуля, 5 – первичный след, 6 – вторичный след)

Рисунок 1 – Образование следа поля нареза при движении пули по каналу ствола

На рисунке 2 представлено характерное изображение нижней части вторичного следа на пуле, выстреленной из пистолета Макарова. Видно, что трассы на своем протяжении могут изменить ширину, а в отдельных местах наблюдается их локальное искривление (выделено цветной рамкой). Для лучшей иллюстративности область искривления трасс представлена в увеличенном виде на рисунке 3. Из данных рисунков видно, что даже совмещенные и совпадающие признаки-трассы могут иметь несколько разную ширину и положение центров трасс.

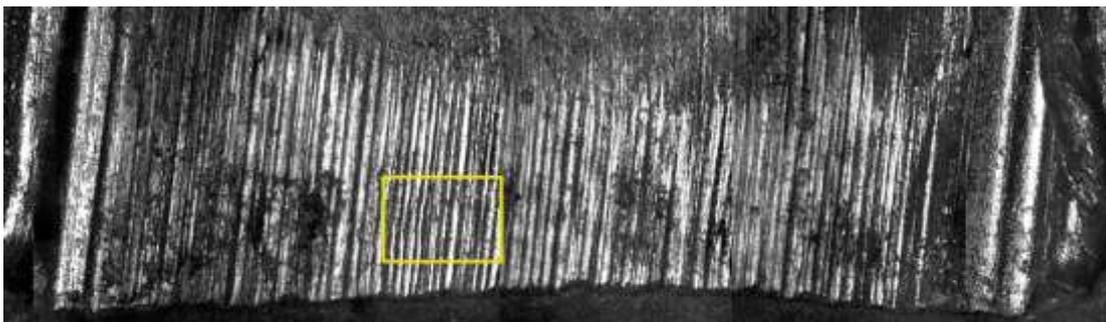


Рисунок 2 – Изображение нижней части вторичного следа на пуле, выстрелянной из пистолета Макарова

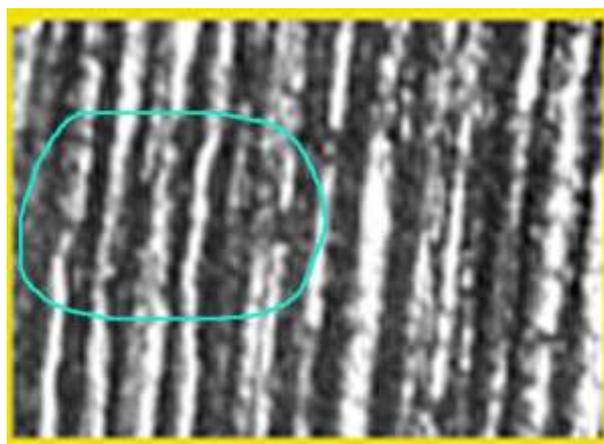


Рисунок 3 – Искажение трасс во вторичном следе

Прерывистость, раздвоение и слияние трасс. Одним из немаловажных факторов в исследовании неустойчивости трасс являлось рассмотрение не только ширины совпадающих трасс, но и различного рода разрывов трасс (рисунок 4).



Рисунок 4 – Прерывистость трасс на исследуемых пулях

Запись изображения поверхности пули осуществляется сканером системы АБИС POISC. Объект, подсвеченный источником света, сканируется оптическим сканером. Микрорельеф следов в виде борозд отображается на получаемом изображении в виде темных и светлых полос. Сканирование боковой поверхности пули производится поясами, которые затем «склеиваются» друг с другом. Небольшое отклонение угла наклона пули при сканировании,

деформация, образованная в результате соударения с жёсткой преградой, потёртости и окисление пули – всё это может привести к некачественной «склейке» и образованию ступенчатости и прерывистости тонких трасс.

Нередко, при получении финального изображения вторичного следа исследуемых образцов возникает и другая проблема – слияние (или раздвоение) полученных трасс (рисунок 5, 6).

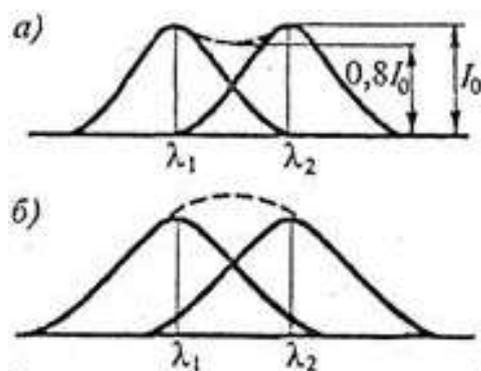


Рисунок 5 – Раздвоение трасс во вторичном следе исследуемой пули



Рисунок 6 – Слияние трасс во вторичном следе исследуемой пули

В таких случаях, программа подсчета трасс может использовать критерий Рэля, в соответствии с которым изображения двух близлежащих спектральных линий с равными интенсивностями и одинаковыми симметричными контурами разрешимы (разделены для восприятия), если центральный максимум дифракционной картины от одного источника (линии) совпадает с первым минимумом дифракционной картины от другого (рисунок 7а). При выполнении критерия Рэля интенсивность "провала" между максимумами составляет 80% интенсивности в максимуме, что является достаточным для разрешения линий λ_1 , и λ_2 . Если критерий Рэля нарушен, то наблюдается одна линия (рисунок 7б). Таким образом, если имеется участок, где две близко расположенные трассы могут быть разделены в соответствии с критерием Рэля, то и на участке, где эти трассы сливаются необходимо подразумевать, что на самом деле их две.



a – выполнение условия, *б* – нарушение условия

Рисунок 7 – Критерий Рэлея

Этот принцип может быть реализован на этапе предварительной обработки изображений, который подразумевает следующие операции:

1. Поворот всех трасс вторичного следа так, чтобы они располагались вертикально;
2. Формирование кривой яркости путем нахождения средней яркости по столбцам.
3. Сглаживание кривой яркости фильтром размером 1x5 для удаления шумовых колебаний яркости.

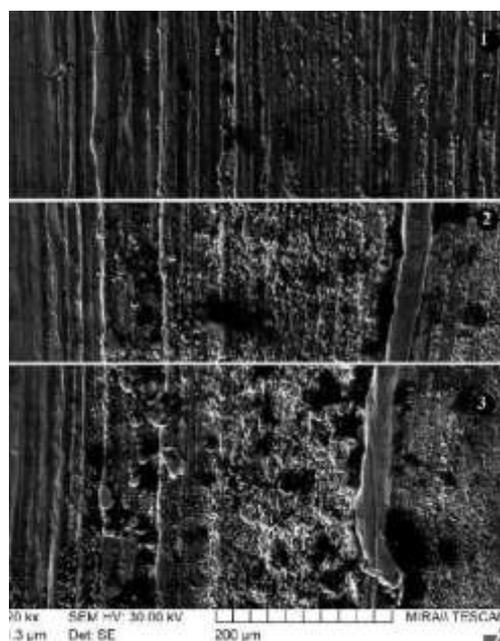
Это позволяет получить идеализированную картину динамического следа без разрывов яркости со сглаженными шумами (рисунок 8).



Рисунок 8 – Изображение динамического следа без разрывов яркости со сглаженными шумами

Исследование воздействия пороховых газов с помощью РЭМ. При рассмотрении следов на выстрелянных пулях с помощью системы АБИС POISC было выявлено достаточно постоянное по нарезам агрессивное действие пороховых газов на томпаковое покрытие вдоль следа холостой грани. Это явление также может быть использовано при идентификации оружия по следам на пулях, имеющих томпаковое покрытие.

Прорыв газов признан общим явлением, характерным для всего нарезного оружия. Тем не менее, в экспертном сообществе не было известно, что оно может быть достаточно устойчивым и связано с конструктивной особенностью определённого нареза. На рисунке 9 показаны совмещенные фрагменты изображения одного первичного следа на разной высоте. Видно, что пороховые газы привели к отслаиванию томпакового пленочного покрытия от стальной оболочки. Самое сильное воздействие наблюдается в нижней части пули, в верхней части первичного следа воздействие газов проявилось незначительно. Таким образом, максимальное действие газов наблюдается на расстоянии до 1 мм от дна пули. Диапазон высот на рисунке 30 снизу вверх: 3) - 0.2-0.6 мм; 2) - 1.0-1.25 мм; 1) - 5-5.3 мм.



1 – верхняя часть первичного следа; 2 – средняя часть этого же следа,
3 – нижняя часть этого же следа

Рисунок 9 – Вспучивание томпака под действием прорыва пороховых газов на поверхности пули, выстреленной из пистолета Макарова

Анализируя цифровые изображения разверток боковых поверхностей пуль, было выявлено следующее. Для пуль, выстреленных из некоторых экземпляров оружия, ярко выраженные следы прорыва пороховых газов повторялись на разных пулях, выстреленных из данного экземпляра оружия. Причем наиболее сильное (или наиболее слабое) воздействие пороховых газов

наблюдалось вдоль следов одной и той же холостой грани нарезки. По ним в некоторых случаях получилось определить парность следов на сравниваемых развертках пуль, выстреленных из одного экземпляра оружия.

В таблице 1 приведены элементы, представленные в данных областях.

Видно, что на гладкой поверхности не подверженной агрессивному воздействию пороховых газов отсутствуют элементы капсюльного состава [8].

Таблица 1 – Элементы, представленные в данных областях

Спектр	В стат.	C	O	S	Cl	Ca	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb	Pb	Итого
1	Да	26.18	14.30	1.15	0.87	0.36	0.31	44.57	2.91	2.81	2.95	3.58	100.00
2	Да	14.40	4.38	0.33			0.71	74.36	5.82				100.00

В отдельных случаях по ярко выраженным следам прорыва пороховых газов удалось определить совпадающие следы на развертках пуль, выстреленных из 1 экземпляра оружия.

Заключение. В процессе выполнения производственной научно-исследовательской практики была исследована признаковая неустойчивость динамических следов. Определены границы допустимой вариативности совпадающих трасс в совмещенных следах и на основании этого определены критерии, которым должны удовлетворять совпадающие трассы:

- Трассы могут различаться по ширине на не более чем на 25-30%.
- Центры совпадающих трасс при корректном совмещении совпадающих следов могут не совпадать на 30% относительно их ширины (при условии, что пули не имеют деформаций).
- Трассы должны перекрываться по ширине не менее, чем на 60%.

Полученные данные позволят в автоматическом режиме по заданной программе определять совпадающие трассы на цифровых изображениях совмещенных следов, подсчитывать их число и, в конечном счете, рассчитать вероятность случайного совмещения такого набора трасс.

По оценке схожести следов методом конгруэнтного сопоставления сегментов профилей получены следующие выводы:

1. При анализе следов с достаточно высокой плотностью наиболее оптимально разбиение профилей исследуемых следов на 20 сегментов;

2. Области следов, не пригодные к идентификации, следует исключать из дальнейшего анализа.

С помощью растрового электронного микроскопа исследовано воздействие пороховых газов на томпаковое покрытие пуля вдоль следа холостой грани, показано, что информация о максимальном (минимальном) прорыве пороховых газов может быть использована при сравнении изображений следов на исследуемых пулях.

Анализ на растровом электронном микроскопе элементного состава поверхности выстреленных пуля, покрытых томпаком и подверженных воздействию пороховых газов, показал следующее. Области прорыва пороховых газов характеризуются высоким содержанием элементов капсюльного состава, таких, как сурьма (горючее), сера (горючее), хлор (инициирующее), олово (защитная фольга колпачка капсюля).

Список использованных источников

1 Федоренко, В. А. Идентификация оружия по следам на деформированных пулях / В. А. Федоренко // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер. Экономика. Управление. Право. - 2012. - Т.12, Вып. 3. - С. 49-53.

2 Fired bullet signature correlation using the Congruent Matching Profile Segments (CMPS) method // Journal Forensic Sciences. - 1959. - № 4 (1). - P.34-50.

3 Сорокина, К. О. Оценка схожести изображений следов патронного упора методом корреляционных ячеек / К. О. Сорокина, В. А. Федоренко, П. В. Гиверц // Журнал информационные технологии и вычислительные системы. - 2019. - С. 3-15.

4 Федоренко, В. А. Обработка цифровых изображений следов на пулях для автоматической идентификации оружия / В. А. Федоренко, Е. В. Навроцкая,

Е. В. Сидак // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Экономика. Управление. Право. - 2014. - Т. 14, № 1.- С.200-205.

5 Следы на выстреленных пулях и механизм их образования [Электронный ресурс] // ЭКЦ при УВД СЗАО г. Москвы [Электронный ресурс] : [сайт]. - URL : <http://eko-czao.narod.ru/ball/osnov/001/metodik-14.htm> (дата обращения: 15.05.2020). - Загл. с экрана. - Яз. рус.

6 Стальмахов, А. В. Следы на пулях, выстреленных из огнестрельного оружия с полигональным стволом / А. В. Стальмахов, В. А. Федоренко, В. С. Гуляев, М. Л. Дмитроца. - Саратов : СГУ, 2005. - 38 с.

7 Криминалистика [Электронный ресурс] // Studme.org [Электронный ресурс] : [сайт]. - URL : <https://studme.org> (дата обращения: 15.05.2020). - Загл. с экрана. - Яз. рус.

8 Аванесов, В. Г. Проблемы идентификации огнестрельного оружия / В. Г. Аванесов // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Серия Экономика. Управление. Право. - 2012. - Т. 12, № 3. - С. 35-70.

9 Федоренко, В. А. Бинаризация изображений следов на выстреленных пулях для подсчета числа совпадающих трасс / В. А. Федоренко, Е. В. Сидак, П. В. Гиверц // Информационные технологии и вычислительные системы. - 2016. - Вып. 3. - С. 82-88.

10 Федоренко, В. А. Концепция математической модели оценки уникальности наборов совпадающих трасс во вторичных следах на выстреленных пулях / В. А. Федоренко, О. А. Мыльцина // Известия Саратовского государственного университета. Новая серия. Экономика. Управление. Право. - 2016. - Вып. 2. - С. 209-213.

11 Панченков, Е. Ю. Трасологическая экспертиза: учебно-методический комплекс для сотрудников экспертно-криминалистических подразделений / Е. Ю. Панченков, Е. А. Хорольская, В. В. Петров. - Хабаровск : ИПМ, 2015. - 67 с.

12 Россинская, Е. Р. Криминалистическое следование: курс лекций по криминалистике для слушателей следственного факультета / Е. Р. Россинская. - М. : Инфра-М, 1994. - 3 с.

13 Выстрел. Взрыв [Электронный ресурс] // Энциклопедия стрелкового оружия [Электронный ресурс] : [сайт]. - URL : <http://shooting-iron.ru/publ/16-1-0-185> (дата обращения: 15.05.2020). - Загл. с экрана. - Яз. рус.

14 Аверьянова, Т. В. Судебная экспертиза. Курс общей теории / Т. В. Аверьянова. - М. : Юридическое издательство Норма, 2006. - 272 с.

15 Общие сведения о внутренней баллистике [Электронный ресурс] // УВЦ ННГУ им. Н.И. Лобачевского [Электронный ресурс] : [сайт]. - URL : <http://www.ivo.unn.ru/ovp/34> (дата обращения: 15.05.2020). - Загл. с экрана. - Яз. рус.

16 Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. - М. : Мир, 1974. - 198 с.

17 Гансалес, Р. Мир цифровой обработки. Цифровая обработка изображений / Р. Гансалес, Р. Вудс ; пер. с англ. под ред. П. А. Чочиа. - М. : Техносфера, 2005. - 1072 с.

18 Кокин, А. В. Судебная баллистика и судебно-баллистическая экспертиза / А. В. Кокин, К. В. Ярмак. - М. : ЮНИТИ: Закон и право, 2015. - 350 с.

19 PCAST. Report to the President - Forensic Science in Criminal Courts: Ensuring Scientific Validity of Feature-Comparison Methods [Электронный ресурс] // obamawhitehouse.archives.gov [Электронный ресурс] : [сайт]. - URL : https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/pcast_forensic_science_report_final.pdf (дата обращения: 15.05.2020). - Загл. с экрана. - Яз. рус.