

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра материаловедения,
технологии и управления
качеством

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЕНСАЦИИ ИСКАЖЕНИЙ
ИЗОБРАЖЕНИЙ СЛЕДОВ НА ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПУЛЯХ ПРИ
ИХ ЭКСПЕРТНОМ ИССЛЕДОВАНИИ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

магистрантки 2 года подготовки 208 группы
направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»
(магистерская программа «Криминалистическое материаловедение»)
факультета nano - и биомедицинских технологий
Сорокиной Ксении Олеговны

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

В.А. Федоренко

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

С.Б. Вениг

инициалы, фамилия

Саратов 2017

ВВЕДЕНИЕ

Значительная часть пуль, поступающих на исследование с мест происшествий, деформирована [1]. Проведение идентификационных исследований по следам канала ствола, отобразившимся на таких пулях, затруднено. Актуальной проблемой также является сравнение цифровых изображений следов полученных при съемке на разном оборудовании. Поэтому актуальной задачей является приведение всех изображений к некоторому единому стандарту [2].

В данной работе рассматриваются вторичные следы на выстреленных деформированных пулях и алгоритм пересчета их изображений.

Вопросы проведения идентификационных исследований затрагивались в ряде работ. В статьях [3-6] рассмотрены проблемы оценки уникальности совпадающих в следах трасс и уменьшения объема проверяемого материала. В основном решения данных проблем представляют собой предварительную обработку изображений, представленных в градациях серого с последующей их бинаризацией и изучение топографии поверхности.

Проблема идентификации по деформированным пулям рассматривалась в ряде работ. В статьях [7-9] были предложены методики определения калибра деформированной пули и групповых признаков оружия, из которого она была выстрелена. В работе [10] предложен метод компенсации искажений следов, применимый к деформированным пулям. Эта проблема также была рассмотрена в работах [2] и [11], но в них не были проведены модельные исследования и компенсация искажений изображений следов на деформированных пулях.

Целью работы является разработка алгоритма обработки изображений для компенсации искажений, возникающих как из-за деформации пуль, так и из-за кривизны исследуемой поверхности. В ходе работы требуется решить следующие задачи:

- разработать методику обработки изображений, полученных на разном оборудовании (оптический микроскоп, автоматизированная баллистическая

идентификационная система), для проведения с их помощью поиска по электронным пулетекам;

- получить алгоритм компенсации искажений изображений, вызванных деформацией пули.

Выпускная квалификационная работа (ВКР) занимает 61 страницу, содержит 36 рисунков, 3 таблицы и 2 приложения.

Обзор составлен по 31 информационному источнику.

Основное содержание работы

Во введении рассматривается актуальность и новизна работы, устанавливается цель и выдвигаются задачи для достижения поставленной цели.

Первый раздел: «Механизмы формирования следов на пулях, выстреленных из нарезного канала ствола» включает в себя описание процессов следообразования и идентификации.

На процесс формирования следов на пулях влияет ряд факторов. Конструкция снаряда позволяет оценить восприимчивость его поверхности к воздействию внутренней поверхности канала ствола оружия. Свое влияние на процесс следообразования оказывают допуски, применяемые при производстве оружия и пули. От них зависят колебания ширины следа.

В момент выстрела пуля, проходя через канал ствола, соприкасается с элементами его поверхности – нарезками, выполненными в виде полосообразных выемок. Возвышающиеся участки между нарезками оставляют на пуле динамические наклонные следы (вторичные) и динамические прямые (первичные). Объектом исследования в данной работе являются вторичные следы, выбранные из-за наличия в них четких границ.

Негативным фактором, сопутствующим следообразованию, является изменение формы поперечного сечения выстреленной пули, так как оно влечет за собой разные искажения трасс на разных участках пули. Отдельно в

работе рассмотрен эффект локального увеличения диаметра нижней части пули при выстреле из пистолета Макарова. Разница между нижней и средней частью вторичного следа на такой пуле составляет 10 – 20 мкм, что при ширине трасс в 10 – 20 мкм может привести к осложнению процесса сравнения следов.

Для доказательства криминалистического тождества двух сравниваемых следов (при условии совпадения групповых признаков) необходимо обеспечить совмещение достаточного числа трасс во вторичных следах [12]. Совмещение проводится по изображениям, полученным с помощью съемки на оптическом микроскопе или сканирования на автоматизированной баллистической идентификационной системе (АБИС). При этом механизмы получения снимков различаются. При съемке на микроскопе изображение следа, получаемое одним кадром, искажается из-за кривизны снимаемой поверхности. Эти искажения не позволяют напрямую совмещать изображения следов, полученные на микроскопе, с изображениями, полученными на АБИС, поскольку в последнем случае искажениями можно пренебречь.

Во втором разделе: «Физическая модель искажений следов на выстреленных пулях» описываются виды деформаций пули, искажающих следовую картину, и приемы обработки изображений с целью компенсаций искажений. Показан ряд экспериментов моделирующих съемку на разном оборудовании (оптический микроскоп, АБИС) деформированной и недеформированной пули.

Сталкиваясь с преградой, пуля деформируется, и трассы на ней приобретают искажения. Для пули характерны деформации сжатия. При сжатии поперек оси пуля приобретает в сечении форму эллипса. Сжатие вдоль оси приводит к равномерному увеличению диаметра всей пули или к локальному увеличению ее отдельного участка. Эти типы деформации

являются базовыми и могут быть использованы как основа для исследования более сложных искажений [13].

Компенсация искажений, связанных с деформациями, приводящими к эллипсообразному сечению пули, сводится к решению проблемы кривизны поверхности при съемке на микроскопе.

Равномерное увеличение диаметра пули не влечет за собой никаких дополнительных искажений, кроме тех, что связаны с кривизной поверхности пули. При сравнении изображений следов таких пуль с изображениями на недеформированных, полученных с помощью микроскопа, проблема увеличения решается простым масштабированием, если высота сравниваемых следов небольшая. Если высоты достаточно большие, то дополнительные искажения возникают еще и из-за наклона следов. Разномасштабность из-за искажений сравниваемых следов приводит к совмещению трасс только на отдельном участке следа и расхождению на остальной части изображения. Установлено, что для 9 мм пули пригодной для идентификации без масштабирования является деформация, приводящая к увеличению диаметра менее чем на 0,3 мм, а для совмещения следов по всей длине относительная деформация пули не должна превышать 0,025.

Локальное увеличение диаметра пули приводит к сложным искажениям, требующим компенсации. Для компенсации искажений путем пересчета в работе применялся метод узловых точек [11].

В работе показано, что существуют две ситуации, когда необходимо применять пересчет изображения:

1. Изображение вторичного следа получено на оптическом микроскопе с цифровым выходом и перенаправлено в региональные базы данных АБИС. Показано, что за счет кривизны поверхности появляются искажения, которые необходимо компенсировать.

2. Исследуемая пуля деформирована за счет соударения с преградой и необходим пересчет для компенсации полученных искажений.

Для компенсации искажений необходимо знать коэффициенты пересчета. Для их нахождения была смоделирована ведущая часть пули и вторичный след, отобразившийся на ней. Модель представляла собой цилиндр, на который прикреплялась миллиметровка со штрихами, имитирующими трассы. Для моделирования деформации на цилиндр крепилась капроновая ткань с нанесенными штрихами, которая затем растягивалась полимерной трубкой, имитирующей локальное увеличение диаметра. На след была нанесена сетка узловых точек.

Был получен эталонный снимок следа на плоской поверхности. Ряд проведенных экспериментов, моделирующих покадровую съемку с помощью АБИС, показал, что изображения получаемые таким способом не отличаются от эталонного. Поэтому целью работы было приведение всех изображений к эталонному виду для последующего сравнения с тестовыми объектами из БД.

Сравнение снимка модели пули, полученного одним кадром, имитируя съемку на микроскопе, с эталонным показало расхождения, связанные с кривизной цилиндрической поверхности. Сравнение снимка модели деформированной пули с эталонным также показало искажения трасс, которые обусловлены суммарным воздействием кривизны поверхности и деформации. Отдельно рассматривался факт того что сканирование деформированной пули с помощью АБИС приводит к искажениям на краях отдельных сшиваемых кадров.

Моделирование деформации пули с разной степенью эллиптичности показало, что искажения различаются, и проведение ряда дальнейших экспериментов позволит получить график зависимости коэффициентов пересчета от степени эллиптичности.

В третьем разделе: «Компенсация искажений изображений» рассмотрены основы метода компенсации искажений изображений, применяемого в данной работе, его программная реализация и результаты применения к изображениям, полученным в ходе модельного эксперимента, и к снимкам следов на пулях.

За основу в данной работе взят метод расчета дисторсии. Перевод каждого пикселя деформированного изображения в пиксель недеформированного изображения осуществляется в два этапа.

Первый этап заключается в получении функций пространственного преобразования, связывающих координаты пикселей изображений. Эти функции рассчитываются для каждой отдельной ячейки, на которые разбивает изображение сетка узловых точек. В вершинах каждой ячейки располагаются четыре узловых точки, координаты которых заранее известны. Каждую узловую точку деформированного изображения с узловой точкой недеформированного изображения связывают две функции с неизвестными коэффициентами. Зная координаты четырех узловых точек, можно найти коэффициенты и получить формулы для пересчета координат каждого пикселя ячейки. Подставляя в полученные аналитические соотношения координаты пикселей недеформированного изображения можно получить координаты пикселей деформированного изображения.

Второй этап состоит в присвоении яркости пикселя деформированного изображения соответствующему пикселю недеформированного изображения. Эти расчеты проводятся над каждой ячейкой изображения [14]. Для нахождения коэффициентов в работе был использован метод Гаусса, который заключается в последовательном нахождении неизвестных [15].

Для автоматизации процесса в среде программирования «Matlab» была написана программа, текст которой представлен в приложении к ВКР.

Изображения следов на модели пули, подвергшиеся обработке, сравнивались с эталонным. Результаты сравнения показали, что изображения совпадают практически полностью. Затем полученные коэффициенты применялись для пересчета изображений пуль, полученных на оптическом микроскопе, к виду изображений полученных на АБИС. Сравнение изображений показало, что совмещение изображений улучшилась.

Обработанные таким способом изображения не могут использоваться в качестве доказательства. Обусловлено это тем, что обработанное

изображение искажено, и оно не соответствует внешнему виду вещественного доказательства. Данный алгоритм (блок-схема представлена в приложении) можно использовать для повышения качества поиска криминалистически тождественных следов в базе данных.

В заключении подведены итоги работы. В ходе работы было установлено, что:

1. Изображения следов, полученные с помощью оптического микроскопа, необходимо пересчитывать для дальнейшего проведения по ним проверок по базе данных АБИС.

2. С помощью разработанного алгоритма можно компенсировать как искажения изображений, связанные с кривизной поверхности, так и искажения изображений, связанные с деформацией пуля.

3. Полученные в результате обработки изображения могут быть использованы для повышения качества поиска по базам данных АБИС и как следствие повышения эффективности расследования преступлений, связанных с применением огнестрельного оружия.

4. Обработанные изображения не могут быть использованы в качестве доказательства, но могут использоваться для повышения качества поиска криминалистически тождественных следов в базе данных и для выявления экземпляра оружия, из которого были произведены выстрелы.

Проведенные исследования показывают перспективность дальнейшей работы в данной области и в первую очередь по пересчету изображений пуля с несимметричной деформацией. Также интерес составляют объемные 3-х мерные изображения пуля. Необходимым является и получение зависимости коэффициентов пересчета от калибра пули, ширины следа и его наклона.

Список использованных источников

1 Драпкин, Л. Я. Криминалистика: учебник для бакалавров / под ред. Л. Я. Драпкина. М. : Юрайт, 2012. 831 с.

2 Федоренко, В. А. Актуальные проблемы судебной баллистики: монография / В. А. Федоренко. М. : Юрлитинформ, 2010. 208 с.

3 Федоренко, В. А. Обработка цифровых изображений следов на пулях для автоматической идентификации оружия / В. А. Федоренко, Е. В. Сидак // Известия Саратовского университета. Серия Экономика. Управление. Право. 2014. Т.14, № 1, ч. 2. С. 200 - 205.

4 Федоренко, В. А. Метод бинаризации изображений следов на выстреленных пулях для автоматической оценки их пригодности к идентификации оружия / В. А. Федоренко, Е. В. Сидак // Известия Саратовского университета. Серия Экономика. Управление. Право. 2016. Т.16, № 2. С. 214 - 218.

5 Селезнёв, Е. П. Способы распознавания оружия по предварительно обработанным цифровым изображениям следов на пулях и гильзах / Е. П. Селезнёв, Н. Г. Макаренко, М. В. Федоренко // Известия Саратовского университета. Серия Экономика. Управление. Право. 2012. Т.12, № 3. С. 103-107.

6 Томпсон, Р. Идентификация по следам на пулях с использованием измерения топографии микронеоднородностей и корреляции. Объединение микроскопии и статистических методов / Р. Томпсон, В. Чу, Дж. Сонг // Известия Саратовского университета. Серия Экономика. Управление. Право. 2012. Т.12, № 3. С. 58 - 59.

7 Ручкин, В. А. Возможности экспертного исследования деформированных и фрагментированных пуль / В. А. Ручкин // Судебная экспертиза. 2013. № 4. С. 10 - 22.

8 Sedda, A. F. Bullets fragments identification by comparison of their chemical composition obtained using instrumental neutron activation analysis / A. F. Sedda, G. Rossi // Forensic Science International. 2011. V. 206, Iss. 1. P. 5 - 7.

9 Bixler, R. P. Bullet identification with radiography / R. P. Bixler, C. R. Ahrens, R. P. Rossi, D. Thickman // Radiology. 1991. V. 178, Iss. 2. P. 563 - 567.

10 Heizmann, M. Model-based analysis of striation patterns in forensic science / M. Heizmann, F. P. Leon // Proceedings of SPIE. 2001. V. 4232. P. 538 - 549.

11 Федоренко, В. А. Идентификация оружия по следам на деформированных пулях / В. А. Федоренко // Известия Саратовского университета. Серия Экономика. Управление. Право. 2012. Т.12, № 3. С. 49 - 53.

12 Стальмахов, А. В. Судебная баллистика и судебно-баллистическая экспертиза: учебник / А. В. Стальмахов, А. М. Сумарока, А. Г. Егоров, А. Г. Сухарев; под общ. ред. А. Г. Егорова. Саратов : СЮИ МВД России, 1998. 176 с.

13 Трофимова, Т. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. 7-е изд., стер. М. : Высшая школа, 2003. 541 с.

14 Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М. : Техносфера, 2005. 1072 с.

15 Турчак, Л. И. Основы численных методов: учеб. пособие / Л. И. Турчак. М. : Наука, 1987. 320 с.