

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

**РАЗРАБОТКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ  
МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УНИКАЛЬНОСТИ КОМПЛЕКСОВ  
ТРАСС, СОВПАДАЮЩИХ ВО ВТОРИЧНЫХ СЛЕДАХ НА ПУЛЯХ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

магистранта 2 курса 208 группы  
направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»,  
профиль «Криминалистическое материаловедение»  
факультета нано- и биомедицинских технологий  
Богомолова Алексея Сергеевича

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

Саратов 2018

**Введение.** При исследовании пули, изъятой с места применения огнестрельного оружия, перед экспертом-баллистом ставится задача установления экземпляра оружия, из которого был произведен криминальный выстрел. Для этого эксперт сравнивает микроследы, оставленные каналом ствола на пуле, изъятой с места происшествия, с аналогичными следами на пулях из тестового массива, который может включать от нескольких десятков до нескольких тысяч однотипных объектов.

Среди основных факторов индивидуальной идентификации оружия, в том числе и по следам на снарядах, специалисты отмечают индивидуальность каждого его экземпляра, устойчивость индивидуализирующего комплекса признаков и их отображаемость в случае, если она относительно стабильна.

Вопрос идентификации оружия имеет исключительно важное значение для большого количества процессов по делам, которые связаны с применением огнестрельного оружия. Решение этого вопроса экспертом часто имеет определяющее значение для завершения процесса и вынесения судебного вердикта. Оценка уникальности наборов совмещенных трасс опирается на практику эксперта и поэтому субъективна. Отсутствие методики такой оценки снижает возможности для объективного обоснования категорических положительных выводов о тождестве сравниваемых следов. Кроме того, это обстоятельство связано с проблемой корректного формирования приоритетного списка по результатам автоматического поиска, проведенного автоматизированными идентификационными системами.

По этой причине актуальность разработки математического обеспечения в виде моделей, методов и алгоритмов, позволяющих объективно оценить степень достоверности, с которой эксперт может давать положительный ответ на вопрос о совпадении комплексов признаков в сравниваемых следах, в частности, на выстреленных пулях, отмечается отечественными и зарубежными специалистами [1-2]. Использование такого обеспечения не заменит решения эксперта, но поможет разрешить ряд сложных и спорных ситуаций.

Один из путей развития требуемого обеспечения основывается на оценке вероятности случайного совпадения наборов трасс. При этом само понятие совпадения является неоднозначным. В настоящее время нет единого мнения специалистов относительно, в частности, следующих вопросов:

- на какую величину парные трассы в сравниваемых динамических следах могут различаться по ширине;
- насколько точно центры трасс должны совмещаться, чтобы они могли считаться совпадающими.

Поэтому вопрос установления условий отнесения сравниваемых трасс на выстрелянных пулях к категории «совпадающие» требует материаловедческого исследования с использованием современной микроскопии.

В соответствии с изложенным, **целью** диссертационного исследования является разработка информационного и математического обеспечения для оценки уникальности комплексов трасс, совпадающих во вторичных следах на выстреленных пулях.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие **задачи**:

- Обзор научно-технической литературы по методам объективизации выводов при идентификации оружия по следам на выстреленных пулях.
- Проведение патентного поиска по ключевым словам, характеризующим идентификацию оружия.
- Исследование с помощью растровой электронной микроскопии структуры и морфологии следов огнестрельного оружия, отобразившихся на выстреленных пулях для уточнения понятий, связанных с исследованием трасс на них.
- Разработка метода оценки уникальности совпадающих комплексов трасс с учетом их ширины в рамках модели гипергеометрического распределения вероятности.
- Апробация предложенной методики оценки уникальности комплексов совпадающих трасс на разных моделях оружия.

- Экспериментальное сравнение результатов расчетов уникальности совпадающих комплексов трасс, проведенной в соответствии с предложенной методикой, с результатами экспертной оценки сравниваемых следов.
- Формирование рекомендаций и выводов.

**Научная новизна** магистерской диссертации обуславливается тем, что разработанная методика позволяет учесть значения ширины трасс при оценке уникальности комплексов совпадающих трасс, исследования структуры трасс с помощью растрового электронного микроскопа дают основания для уточнения ряда понятий, играющих важную роль при сравнении динамических следов.

**Научная значимость** полученных результатов заключается в том, что на их основе в дальнейшем будет разработано математическое обеспечение, позволяющее решать проблему объективизации выводов при идентификации оружия.

**Практическая значимость** обусловлена необходимостью повышения эффективности расследования происшествий, связанных с применением огнестрельного оружия, объективизацией категорических положительных выводов экспертов при идентификации оружия по следам на выстреленных пулях.

**Структура работы.** Во введении к диссертации выделена актуальность работы, устанавливается цель и задачи для её достижения. Первая часть работы «Проблематика объективизации выводов при идентификации оружия по следам на выстреленных пулях» содержит обзор существующих методов решения задач и результатов проведенных материаловедческих исследований. Во второй части диссертации «Разработка вероятностной методики оценки уникальности комплексов трасс» строится математическая модель, метод решения, приводятся результаты вычислительных экспериментов, рекомендации, выводы. Приводятся результаты экспериментальной оценки границ применимости предлагаемой методики. Работа заканчивается заключением и списком из 39 использованных источников.

## Основное содержание работы

В ходе материаловедческого исследования аспектов, связанных с задачей исследования микроследов при индивидуальной идентификации оружия, были использованы АБИС «POISC» и РЭМ. Установлено значительное влияние возможных изменений ширины трасс, их разрывности трасс, неопределенности границ трасс, сливающихся с фоном. Показана зависимость числа трасс и их ширины от разрешающей способности оптической или электронной системы, направления и угла освещения и других факторов.

Установленные аспекты существенно затрудняют как постановку, так и точное, строгое решения рассматриваемой задачи. В связи с этим целесообразным представляется развитие вероятностных методик, значение которых можно оценить при ряде допускающих предположений и упрощений.

Разработанная вероятностная методика оценки уникальности комплексов трасс, совпадающих во вторичных следах на пулях, основывается на использовании гипергеометрической математической модели, которая рассматривалась для трасс одинаковой ширины в работе [4]. При использовании развитой гипергармонической модели оценки уникальности трасс с учетом их различной ширины были сделаны следующие предположения и допущения:

1. Трассы в следах образованы случайными особенностями микрорельефа канала ствола и поэтому их распределение по ширине вторичного следа носит случайный характер.
2. Учитываются только светлые участки трасс (валики).
3. Трассы во вторичных следах условно можно разделить на 3 группы по ширине. Например, трассы шириной 4-10 мкм, 11-20 мкм и более 20 мкм.
4. Трассы во вторичном следе могут занимать только строго определенные позиции.
5. Наборы совпадающих трасс двух сравниваемых следов будем считать уникальными, если вероятность их случайного совмещения не более  $10^{-6}$ .

Величина вероятности случайного совмещения не более  $10^{-6}$  определяется тем фактом, что количество экземпляров оружия одной модели редко превышает 1 миллион (за исключением нескольких широко распространенных моделей). Проблема последовательно изготовленных стволов оружия с так называемыми «подклассовыми» признаками (subclass attributes [5]) здесь не учитывается.

Пусть имеется серия из  $n$  подряд совпадающих трасс, причем пусть  $n_1$  – число трасс с шириной 4-10 мкм в этой серии,  $n_2$  – число трасс с шириной 11-20 мкм и  $n_3$  – число трасс с шириной более 20 мкм. Вероятность случайного сочетания  $k$  трасс различной ширины можно определить следующим выражением:

$$P_k = \frac{n_1^{k_1} n_2^{k_2} n_3^{k_3}}{n^k}, \quad (1)$$

где  $P_k$  – вероятность, определяемая количеством возможных сочетаний трасс разной ширины в серии из  $n$  трасс;  
 $k_1, k_2, k_3$  – номер серии.

Если таких серий из совпадающих трасс разной ширины несколько, то вероятности перемножаются как независимые события:

$$P_k = \prod_{i=1}^m \frac{n_i^{k_i}}{n^k}, \quad (2)$$

где  $m$  – количество серий.

Итоговая формула оценки вероятности случайного совмещения трасс с учетом их ширины определяется следующим выражением:

$$P_k = \frac{n_1^{k_1} n_2^{k_2} n_3^{k_3}}{n^k}, \quad (3)$$

где  $n_1$  – количество трасс в первом следе;

$n_2$  – во втором следе;

$n$  – максимальное число совпадающих трасс,

$k_1, k_2, k_3$  – количество возможных позиций (например, для 9 мм пули, выстреленной из пистолета Макарова,  $k_1 = 100$ ).

Определим понятие уникальности комплексов совмещенных трасс как

величину:

(4)

Это позволяет перейти от понятия «вероятность» к понятию «уникальность»: чем выше уникальность, тем меньше вероятность случайного совмещения таких наборов трасс, тем объективнее вывод о криминалистическом тождестве сравниваемых следов.

Рекомендации и выводы по результатам численного эксперимента представлены на графиках (рисунок 1) и в таблицах (таблица 1), в клетках которых находятся значения числа совпадений  $n$ , при достижении и превышении которых уникальность  $Z$  соответствующих наборов трасс оценивается в рамках предлагаемой методики значением в таблице 1.

Таблица 1 – Граничные значения числа совпадающих трасс для различных значений уникальности наборов трасс

$N_1$	$N_2$	Уникальность наборов трасс										
	$Z$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	12	4	5	6	7	7	-	-	-	-	-	-
12	16	5	7	8	9	9	11	11	-	-	-	-
15	20	7	9	10	11	12	12	14	14	-	-	-
18	25	10	12	13	14	15	13	13	17	-	-	-
25	30	14	16	18	19	20	16	22	22	23	24	24
30	40	21	23	24	26	27	27	28	29	-	-	-

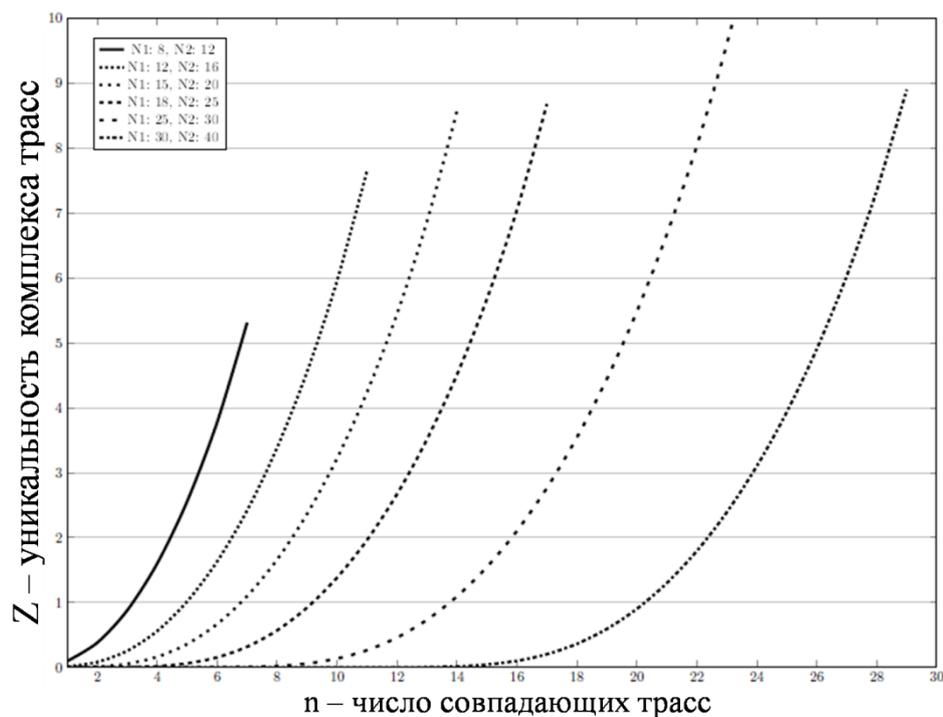


Рисунок 1 – Зависимость уникальности комплекса трасс от количества совпавших трасс

Экспериментально установлены обстоятельства, возникновение которых ограничивает применение предлагаемой методики.

- 1) Наблюдается очень малое (1-4) число трасс в сравниваемых следах.
- 2) Имеется очень большое число трасс в сравниваемых следах (характерно для сильно изношенных стволов).
- 3) Расхождение групп совпадающих трасс в совмещенных парных следах.

Таким образом, результаты расчетов по предложенной методике позволяет оценить значение уникальности комплексов совпадающих признаков для обоснования категорического положительного вывода.

**Заключение.** Исследуется актуальная задача объективизации условий, позволяющих оценить степень достоверности положительного ответа эксперта на вопрос о совпадении комплексов признаков в сравниваемых следах на выстреленных пулях. Задача значительно осложняется действием разнообразных факторов выстрела, существенно влияющих на параметры

динамических следов оружия на выстреленных пулях. Проведено материаловедческое исследование следов воздействия этих факторов с применением микроскопии, что позволило уточнить ряд понятий, необходимых для решения исходной задачи.

На основе гипергеометрической модели разработана вероятностная методика оценки уникальности комплексов трасс, совпадающих во вторичных следах на пулях. Разработанная методика позволяет определять степень уникальности совпадающих наборов трасс с учетом их числа в следах, общего числа совпадающих трасс, а также с учетом их ширины в сериях последовательно совпадающих трасс. Введено понятие уникальности комплексов совпадающих трасс. Высокая степень уникальности совпадающих наборов трасс может рассматриваться как рекомендация к категорическому положительному ответу эксперта на вопрос о тождестве рассматриваемых следов оружия.

На основании результатов вычислительного эксперимента с разработанной моделью сформированы рекомендации в виде таблиц, позволяющих определить минимальное число совпадающих трасс, необходимое в заданных условиях для обеспечения заданного значения уникальности их набора.

Экспериментально определены ограничения применимости разработанной методики и рекомендации для этих условий.

Результаты диссертации опубликованы в работах [8-10].

Результаты исследования представляют интерес для экспертов-баллистов и могут быть рекомендованы для внедрения в экспертную практику.

#### **Список использованных источников**

1 PCAST. Report to the President – Forensic Science in Criminal Courts: Ensuring Scientific Validity of Feature-Comparison Methods. Sept, 2016 [Электронный ресурс]: URL: <http://www.documentcloud.org/documents/3121011-Pcast-Forensic-Science-Report-Final.html> (дата обращения: 05.06.2018)

2 Biasotti, A. A. Statistical Study of the Individual Characteristics of Fired Bullets / A. A. Biasotti // Journal Forensic Sciences. 1959. Jan, 4. P. 34-50.

3 Грановский, Г. Л. Вероятностная оценка пригодности линейных (динамических) следов для идентификации / Г. Л. Грановский // Методические рекомендации для экспертов. М. : Всесоюзный научно-исследовательский институт судебных экспертиз [ВНИИСЭ]. 1985. С. 19.

4 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 университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2016. Т. 16. №2. С. 209-213.

5 Rivera, Gene C. Subclass Characteristics in Smith & Wesson SW40VE Sigma Pistols / Gene C. Rivera // AFTE Journal, Summer 2007. Vol. 39. № 3. P. 247–254.

6 Стальмахов, А. В. Судебная баллистика / А. В. Стальмахов, А. Г. Егоров, А. М. Сумарока, А. Г. Сухарев // Учебник. Саратов: СИЮ МВД России. 1998. 176 с.

7 Зайцев, В. В. Естественно-научные методы и средства судебно-экспертных исследований / В. В. Зайцев и др. // Учебное пособие. Саратов: Саратовский юридический институт МВД России. 2010. 83 с.

8 Богомолов, А. С. Вероятностная модель оценки уникальности совмещенных во вторичных следах трасс / А. С. Богомолов // VIII Всероссийская конференция с международным участием по криминалистическому исследованию оружия. Саратов. СГУ. 18-19 октября 2017 г.

9 Федоренко, В. А. К вопросу об устойчивости трасс в следах на выстреленных пулях / В. А. Федоренко, А. С. Богомолов // Сборник статей Международной научно - практической конференции «Правовая система России: история и современность», 23 декабря 2017 г. Екатеринбург. МЦИИ ОМЕГА САЙНС. Том 1. С. 254-257.

10 Федоренко, В. А. оценка уникальности комплексов трасс, совпадающих в сравниваемых следах на выстреленных пулях / В. А. Федоренко, С. А. Богомолов // В сборнике: Нано- и биомедицинские технологии. управление качеством. Проблемы и перспективы. Сборник научных статей. Саратов. 2018. С. 129-132.