

**БУРГАСКИ СВОБОДЕН УНИВЕРСИТЕТ  
ЦЕНТЪР ПО ИНФОРМАТИКА И ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ**

**Стоян Стоянов**

**Силвия Лецковска**

**НАУЧНИ И МЕТОДОЛОГИЧНИ ОСНОВИ НА СЪДЕБНО - БАЛИСТИЧНАТА  
ЕКСПЕРТИЗА  
(Научна студия)**

**Бургас, 2021 г.**

## СЪДЪРЖАНИЕ

1. Научни основи на идентификационните изследвания при съдебно-балистична експертиза.....	3
1.1. Основни методи, използвани при съдебни-балистични експертизи.....	3
1.2. Особенности на идентификационното изследване при съдебно- балистична експертиза.....	7
1.3. Използване на инструментални и специални методи за експертно балистично криминалистично изследване.....	18
II. Автоматизирани системи за идентификация в балистичната експертиза.....	20
Заключение.....	28
Литература.....	28

## **I. Научни основи на идентификационните изследвания при съдебно-балистична експертиза**

### **1.1. Основни методи, използвани при съдебно-балистични експертизи**

Много въпроси, имащи особено значение в хода на дадено съдебно дело, са свързани с използването на огнестрелни оръжия. За тяхното разрешаване са необходими специални знания и квалификация. Пълнотата на едно разследване зависи от използването на средства за установяване на обективна истина. В тази връзка, резултатите от една съдебно-балистична експертиза имат голямо значение за разработването на мерки за предотвратяване престъпления.

Обектите на съдебно-балистичната експертиза са следните:

- Огнестрелни оръжия и техните отделни части;
- Боеприпаси - куршуми, гилзи, пачки, уплътнения, капсули; газови оръжия;
- Предмети, отразяващи въздействието на оръжия и боеприпаси - изстреляни снаряди (куршуми, сачми), патрони, пачки, уплътнения, както и повреди по облеклото и предметите на жертвата от местопроизшествието (дупки, следи от рикошет);
- Инструменти, използвани за производството на огнестрелни оръжия и компоненти за боеприпаси; елементи от мястото на произшествието;
- Материали по делото, съдържащи информация, свързана с предмета на изследването;
- Проби за сравнително изследване.

Видът на обекта и същността на въпросите, поставени за разрешаване от експерта, определят избора на определени методи за изследване.

Съдебните балистични изследвания използват методи, които се прилагат в много области на науката и техниката. Те са класифициране в следните групи:

- Методи на емпирично изследване (наблюдение, описание, измерване, сравнение, експеримент);
- Инструментални и спомагателни методи (микроскопски, интроскопски, профилография, химични методи);
- специални методи.

*Методите на наблюдение и измерване* при провеждането на съдебно-балистични експертизи се използват при решаването на почти всички въпроси. С помощта на тези методи се установяват размерите, теглото, някои специфични характеристики и конструктивни особености на обекта, както и състоянието на обекта като цяло и на отделните му части.

*Експерименталният метод* на изследване се използва, когато се решава дали даден обект може да се класифицира като огнестрелно оръжие, годността на оръжието за стрелба, неговата изправност, разстоянието на изстрела и много други.

*Методът за сравнение* се състои в едновременното сравнително проучване и оценка на свойствата или характеристиките на два или повече обекта. При съдебно-балистичната експертиза практически не се провеждат изследвания, без да се извърши сравнение на изследваните обекти, сравнение с експериментално получени проби или с референтни данни.

*Частните методи* на изследване включват получаване на изображения на обектите, участващи в процеса на идентификация и на следи върху тях. Към тях се отнасят:

- Макро- и микрофотографията;
- Метода за получаване на експериментални идентифициращи обекти;
- Микроскопския метод на изследване;
- Профилометрията;
- Метода на изследване на следи върху куршуми и гилзи с помощта на автоматизирани системи за балистична идентификация и др..

Получаването на изображения на обекти, участващи в процеса на идентификация, както и на следи върху тях при използване на метода на макро- и микрофотографията, е най - често срещаният изследователски метод в съдебната балистична експертиза, в частност - при идентификация. При този метод изображенията могат да бъдат получени както чрез аналогова, така и чрез цифрова фотография.

Методът позволява да бъдат фиксирани:

- Общия изглед на обектите (предметите), подлежащи на изследване;
- Вида, размера и локализацията на следите върху изследваните обекти, което е необходимо за следващото им сравнение помежду им или за сравнение със следи, получени експериментално;
- Комбинацията от характеристики на микрорелефа на следите.

*Микроскопският метод* за изследване на обектите се използва, за да могат да бъдат изследвани най - малките по размер характеристики на външната им структура, т.е. на микрорелефа на повърхността, с помощта на оптични инструменти, които значително увеличават изображението (обикновено сравнителни микроскопи от различни видове).

С помощта на стереоскопичните микроскопи се изследва състоянието на слеодообразуващите части на оръжието, следите от тези части върху черупки и гилзи, състоянието на дулото на цевта и др. Когато се решават въпроси, свързани с идентифицирането на конкретно оръжие, масово се използват сравнителни микроскопи.

Микроскопията се използва при изследване на състоянието на части от оръжия, сравняването на микрорелефа на следи, идентифицирането на инструменти, използвани при производството на оръжия и боеприпаси. Микроскопията в ултравиолетовите и инфрачервените части на спектъра се използва за откриване на следи от изгаряне, сажди, оръжейна смазка и прахови частици.

В последните години растровите електронни микроскопи все по - често се използват в някои експертни лаборатории. С помощта на този тип микроскоп е възможно да се извърши химичен елементарен анализ на изстреляните продукти, както и да се изследва морфологията на неизгорели прахови частици, микрочастици метали и други вещества, изхвърлени от цевта, както и от прахообразен поток върху препятствие.

Изследването на изстреляните продукти с помощта на сканиращ електронен микроскоп дава възможност да се регистрира наличието на химически елементи върху препятствието, които са характерни за изстреляните продукти; определят вида и състава на използвания патрон; открива се присъствието на метални частици, характерни за изстрел от куршум от огнестрелно оръжие [17].

Методите за *интроскопия* (неразрушаващо изследване на вътрешния строеж на обекта и протичащи в него процеси с помощта на звукови вълни, електромагнитно излъчване в различен диапазон, постоянно и променливо електроматнитно поле и потоци от елементарни частици) при съдебно-балистична експертиза се използват, когато е

необходимо да се изследва вътрешната структура на непрозрачен обект. Рентгеновите лъчи и гама лъчението се използват за сканиране на обекти.

*Профилометрията* е метод за изучаване и обективно фиксиране на повърхностния релеф на твърдите тела. Оптично, фотоелектрическо или контактно профилиране може да се използва в зависимост от изследвания обект и наличието на оборудване.

Необходимостта от използването на този метод възниква в случаите, когато няма достатъчно информация относно ширината и положението на следите, получена чрез микроскопско изследване на микрорелефа на следите. С помощта на профилометрията се получават допълнителни данни за геометричните особености на микрорелефа, структурата на страничните повърхности, на ръбовете и др.

Развитие на метода за профилографско изследване е методът на оптична триангулация чрез лазерно сканиране, който позволява безконтактни измервания на микропрофили с висок клас на точност и компютърна обработка със създаване на база данни. Резултатите от сканирането се наблюдават на дисплея на компютъра под формата на цветна профилограма, автоматично се записват в паметта, създавайки база данни, която може да се използва при следващи изследвания [11, 12].

При всички профилографски системи обаче има редица недостатъци, които възпрепятстват активното им използване в процеса на извършване на идентификационни криминалистични балистични експертизи.

В профилографските комплекси влиянието на субективния фактор е значително. Параметрите за сканиране (скоростта на движение на предметната масичка маса, броят на проходите на скенера или на диамантената игла, границите на сканиращата област, изборът на оптималната височина и ъгъл на сканиране и др.), от които зависи информационното съдържание на получената профилограма, се задават директно от оператора. Освен това тези комплекси не са пригодени за работа с деформирани предмети, по - специално, с куршуми. Деформацията на повърхността влияе на графичното изображение на профила, което може да повлияе отрицателно на крайния резултат от изследването.

Основното предимство на профилографските комплекси е относителната им простота и ниска цена.

Използването на профилографските методи дава възможност да се получи визуално представяне на следата, характеристиките на нейния микрорелеф като цяло и на отделни части, техния брой, форма, размер и относително разположение.

Най - важната сред характеристиките на даден обект е математическата: размера и формата в три измерения (3D). Понастоящем обаче е доста трудно да се получи информация за триизмерната форма на обектите, необходимо е да се ползват сложни математически методи за нейния анализ.

Съвременните системи позволяват да се сведат 3D характеристиките на даден обект до двумерни (2D) и да се анализира местоположението на точки от обекта на база на графичните изображения на профила.

*Методите за химичен анализ* се използват за откриване на барут и определяне на неговия вид, откриване на сажди от изстрел, откриване на следи от метализация и от триене, откриване на олово, мед, цинк и други метали в изстреляните продукти.

При попадане в твърдо препятствие куршумите се деформират. Идентифицирането на оръжия по следи от такива куршуми представлява проблем както от техническо, така и от методологично естество.

Всички деформации на куршумите могат да бъдат класифицирани в четири групи:

- деформации, които не водят до значителни локални или общи промени в областта на изследваната повърхност на куршума. Например, такива деформации имат куршуми, чието напречно сечение в резултат на страничен удар с препятствие е придобило формата на елипса;
- куршуми, чийто диаметър на водещата част в резултат на удара се е увеличил със по цялата височина (т.е. поради деформация диаметърът на цялата движеща се част на куршума се е увеличил);
- куршуми, при които неравномерна промяна в площта е настъпила само в отделен участък от нейната водеща част.
- куршуми, чиято повърхност на водещата част се променя неравномерно по цялата дължина.

Понастоящем съдебната балистика в рамките на традиционния методологичен подход на практика е изчерпала ресурсите си и изисква преход към по - високо методологично ниво. На първо място, това се отнася за идентификационни съдебно-балистични изследвания.

Научните и методологичните разработки в тази област по принцип са поели в широка посока на развитие. Това се дължи главно на факта, че предмети от съдебна балистика продължават да се изследват в рамките на традиционните методи. В същото време за решаване на проблеми, свързани с идентификацията, се използват различни технически средства за събиране и анализ на информация, но окончателната обработка на получените данни все още се извършва директно от експерта.

Разработени са *специални методи* за изследване, за да се установи годността на оръжието за стрелба, възможността за изстрел без натискане на спусъка, докато се изследва техническото състояние на оръжието.

Методът за изследване на следи от оръжия върху куршуми и гилзи с помощта на автоматизирани системи за балистична идентификация е най - обещаващият и динамично развиващ се метод. Този тип системи ("TAIS", "Condor", "Arsenal") осигуряват висока скорост и ефективност на проверките на обектите, влизащи в корпуса на куршума, и също се използват за сравнителни изследвания при производството на идентификационни изследвания.

Споменатите системи позволяват получаване в автоматичен режим на изображение на цялата странична повърхност на куршума или кутията, както и на дъното на кутията.

Получените изображения се съхраняват в базата данни на контролния компютър, извикват се от базата данни и могат да бъдат изпратени по съществуващите комуникационни линии. Софтуерът на системите позволява автоматично търсене в базата данни и идентификация на изображения на обекти [9].

Трябва да се отчете факта, че цялата информация, получена при изследването на обекти, подлежащи на съдебно-балистична идентификация, с използване на общи и частни методи, се явява изходна база от данни за такива общонаучни методи, каквито са анализа, сравнението, синтеза.

Независимо от наличието на голям брой методи, използвани в съвременния етап от развитието на съдебно-балистичната експертиза, има проблеми, които не са разрешени окончателно. Сред тях са:

- Определяне на давността на изстрела;
- Определяне на дистанцията на далечен изстрел;
- Идентифициране на оръжия по силно фрагментирани снаряди;
- Идентифициране на гладкоцевни оръжия по следи от изстрела;

- Идентифициране на съвременни оръжия с висока чистота на обработка на повърхностно покритие.

В допълнение, появата на нови видове оръжия и патрони разширява обхвата на обектите на съдебно-балистична експертиза, което изисква усъвършенстване на съществуващите методи за изследване.

## **1.2. Особености на идентификационното изследване при съдебно-балистична експертиза**

Балистиката е наука за движението на тела, движещи се в пространството. Тя изучава преди всичко принципите на движение на различни обекти, по - специално на куршуми и снаряди, природните закони, които влияят на това движение и способността на тялото да преодолява препятствията по пътя си.

Огнестрелното оръжие обикновено се дефинира като техническо устройство, състоящ се от цев и ударно – спускателен механизъм, което позволява да се изстрелва снаряд (и) напред чрез въздействието на бърза реакция на горене на барута.

Както се очаква, предвид такова общо определение за балистиката, има огромен обхват и разнообразие от огнестрелни оръжия, вариращи от миниатюрни пистолети до масивни военни оръжейни системи.

Но всички тези оръжия имат няколко общи черти: взривен материал който се запалва в затворена камера, която осигурява само една посока за намаляване на огромния натиск, получен в резултат на химичната реакция. Изпускането на този газ под високо налягане се канализира, за да се даде възможност да се изтласка обект по цев към конкретна цел с голяма енергия и поразяващо действие. Горивната камера/патронника, в която се запалва горима смес, е проектирана с умишлена „слабост“ – с една отворена страна, а всички останали страни са затворени.

При възпламеняването енергията на изтичащия газ действа върху края на обекта и го принуждава да се движи по цевта. Всички огнестрелни оръжия трябва да отговарят на този основен начин на действие.

Задвижващата сила, която се получава, най - често е в резултат на изгарянето на барута с висока скорост. При тази реакция един мол (mol) твърд барут може да произведе до шест мола горещ, разширяващ се газ (в зависимост от вида на използвания заряд). Това означава, че относително малък обем твърд барут може да произведе много голям обем газ.

Например, ако проба от един грам въглерод се превърне изцяло в газообразен  $\text{CO}_2$  при температурата на горене на барута ( $\sim 2088.706 \text{ K}$ ),  $\text{CO}_2$  ще заеме обем от около 85 литра – това е увеличение на обема много над 190000 пъти. Тъй като този обем газ първоначално е ограничен в много малко пространство в оръжейната камера, зад куршума се развива огромен натиск.

Веднага щом куршумът напусне цевта на огнестрелно оръжие, той се превръща в „обект в движение“, чиито движения са предвидими, тъй като зависят от законите на физиката.

С течение на времето разработчиците на оръжия са предложили множество иновативни методи за модифициране на всички необходими характеристики на огнестрелните оръжия, за да максимизират конкретни желани крайни резултати, като точност, маса на снаряда, размер на оръжието, скорост на куршума, балистика и други характеристики.

Разработчиците на оръжия и боеприпаси работят активно в посока изясняване на влиянието на всички фактори, които влияят върху полета на снарядите и оптимизиране на характеристиките, които да осигуряват желаните характеристики на полета.

Балистиката на снаряд обикновено се разглежда в три „фази“: вътрешна (начална), външна (междинна) или терминална балистика.

*Вътрешна балистика* се занимава с частта от пътя на куршума, който е примерно, в самия пистолет. Запалването /експлозията/ на барута в камерата води до прилагане на голяма сила върху основата на куршума, която го тласка напред [1, 3].

Налягането е мярка за силата, приложена към дадена повърхност - в този случай площта на края на куршума. Пушките обикновено генерират много по - голям натиск от пистолетите, 70 000 psi (483 MPa) за пушка в сравнение с 40 000 psi (276 MPa) за типичен пистолет, което води до много по - голяма стойност на силата, приложена към куршума.

По - високото налягане изисква камери с висока якост и генерира повече странични продукти при откат и изгаряне. Силата на разширяващия се газ продължава да ускорява куршума по дължината на цевта - колкото по - дълга е цевта, толкова по - голямо е ускорението.

*Външната или междинна балистика* се фокусира върху полета на куршума от момента, в който напусне цевта на оръжието, докато достигне целта.

Редица характеристики определят специфичните полетни свойства на куршума и включват енергията, която го тласка напред, формата на куршума, неговата маса и условията на околната среда (например вятър, дъжд, температура и др.).

Идеалната ситуация в дизайна на оръжието би била възможно най - голяма част от енергията от задържаната реакция на експлозия да се преобразува в преместване на снаряда надолу по цевта.



Фиг. 1. Различни форми на куршумите, оказващи влияние на траекторията.

Този процес всъщност представлява преобразуване на химическата енергия на барута в кинетичната енергия на снаряда. Кинетичната енергия, енергията на движението, се дава чрез израза на  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$  (където  $m$  е масата, а  $v$  е скоростта на движещия се обект) и описва силата, движеща проектила по права линия.

Колкото повече енергия се прилага към куршума (колкото повече заряд се използва в боеприпасите), толкова по - бързо ще се движи куршум с фиксирана маса. Когато куршумът се движи във въздуха, той трябва да изтласка въздуха от пътя си,

възниква процес на триене, което се противопоставя на движението на куршума напред. Размерът на траекторията зависи до голяма степен от размера и формата на куршума (Фиг. 1).

Гравитацията също играе много важна роля за определяне на траекторията на куршума (пътя, по който куршумът преминава). Гравитацията постоянно „дърпа“ обектите надолу с постоянна сила ( $F = m \cdot g$ , където  $m$  е маса,  $g$  - гравитационната константа).

*Терминалната балистика* описва какво се случва, когато куршум уцели целта си. Куршумите могат да се сплескат (Фиг. 2), да се фрагментират или стопят, когато се срещнат със целта. Моделът на нараняване или повреда зависи от формата, скоростта и движението на куршума в момента на удара. Значителни щети могат да възникнат и от въздействието на ударни вълни, произтичащи от компресията и разреждането на въздуха по пътя на куршума.

*Идентификацията* на огнестрелното оръжие често играе особено ценна роля в съдебно-лабораторните разследвания [4 - 8].

На важни въпроси за това как и от кого са извършени престъпления, свързани с използването на оръжие, може да се отговори чрез подробен преглед на куршумите и огнестрелните оръжия, намерени на местопрестъплението, или иззети от заподозрени.



Фиг. 2. Форми на куршуми след удар.

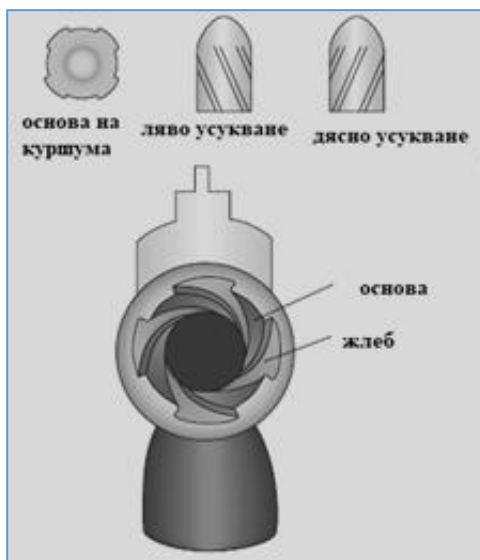
Доказателствата за огнестрелно оръжие, особено куршуми и гилзи, често се откриват на местата на престъплението.

Обикновено разследващите искат да получат ключова информация за вида на пистолета, който е изстрелял куршумите и вероятността те да бъдат изстреляни от едно конкретно оръжие.

Куршумите, отрити на местопрестъплението, могат да бъдат измерени, за да предоставят информация за калибъра и вида на боеприпасите. В допълнение, химичният състав на куршума, заедно със състава на всякакви остатъци от барут и материали от цевта, могат да бъдат анализирани, за да се осигури сравнителна информация. Тази

информация значително ограничава възможния диапазон от оръжия, от които е изстрелян куршума, заедно с възможните производители на боеприпаси, което значително скъсява срока на търсенето на оръжието.

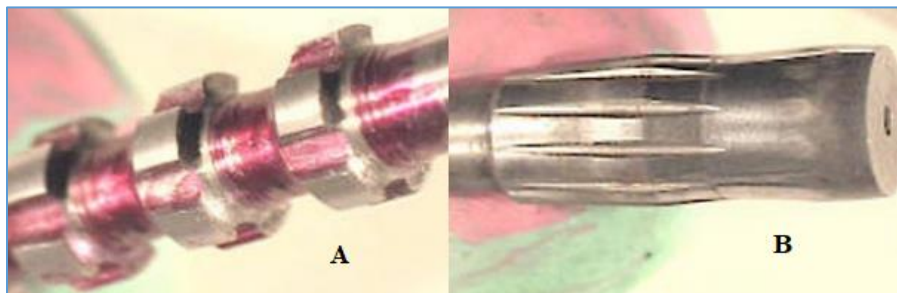
Асоциацията на проверяващите за огнестрелно оръжие и инструменти (AFTE) е определила областта на съдебната идентификация на огнестрелните оръжия като определяща „дали куршум, гилза или друг компонент на боеприпасите са били изстреляни от определено огнестрелно оръжие“.



Фиг. 3. Куршуми, изстреляни от огнестрелно оръжие показват профилни канали, които съвпадат с модела на цевта на огнестрелното оръжие [9].

Един от най - добрите начини, обаче, да се свърже даден куршум с даден тип оръжие или дори с дадено конкретно оръжие е внимателното изследване на особеностите на следите, които са формирани върху куршума, когато преминава по дължина на цевта на оръжието.

Жлебовете и каналите вътре в цевта на оръжието, които карат куршума да се върти при стрелба, се получават при използване на различни технологични методи. Използват се няколко метода за оформяне на нарезите в метала от вътрешната страна на цевта - наведнъж, или с последователно формиране на жлебовете. С помощта на фреза (Фиг. 4, А) се получава едновременно нарязване на всички канали.



Фиг. 4. Технологични методи за оформяне на жлебовете и каналите вътре в цевта.

Вторият метод, вероятно най - често използван днес, използва т.н. горещ „бутон“ (Фиг. 4, В), който притиска гладката цев при много високи налягания, деформирайки метала в набраздени форми, вместо да ги нарязва. Алтернативен метод е използването на дорник за получаване на желаните нарязни канали.

Когато куршум премине по цевта на оръжието, по-мекият метал на куршума се деформира и оформя така, че съответства на профила на цевта. В тази връзка, изследването на изстреляния куршум може да предостави информация за пистолета, от който е стреляно, като например за броя на каналите, посоката на усукване (лява или дясна) и скоростта на усукване

Разследващите агенции поддържат бази данни от този тип информация за огромен брой произведени оръжия. Тази информация, съчетана с калибъра и общата форма и химичния състав на куршума, може еднозначно да идентифицира марката и модела на пистолета, който е изстрелял куршума - много полезни характеристики на класа.

Механичният процес на пробиване на гладкия отвор на цевта на оръжието и оформянето на нарязните канали (с помощта на един от методите, описани по - горе) оставя малки, случайни несъвършенства в металните стени на цевта. Общоприетото мнение е, че тези несъвършенства, получени в резултат на производствен процес, са уникални за всяко конкретно оръжие, нещо като „подпис“/следа/ за отделното оръжие.

Освен това всеки път, когато с оръжието се стреля, цевта се износва и леко се надрасква по уникален начин, който формира индивидуални характеристики в модела на несъвършенствата на всеки ствол на оръжието. Тези малки несъвършенства се отпечатват в мекия метал на куршума, когато той бързо се движи по дължина на цевта при стрелба. Съпоставянето на следите от изстрелян куршум със следите в дадено оръжие може да осигури много убедителни доказателства, че куршумът всъщност е изстрелян от това конкретно оръжие.

Изключително трудно е обаче директното сравняване на следите от вътрешната страна на цевта на пистолета директно с тези на изстрелян куршум, така че вместо това процесът на установяване на съвпадение обикновено включва изпитване с изстрелване на куршум от пистолет, за който има подозрения, че е използван и с използване на боеприпаси, сравними с куршума на местопрестъплението. След това следите на изпитания куршум се сравняват с тези на неизвестен куршум с помощта на сравнителен микроскоп. Съответствието на тези следи може да показва голяма вероятност двата куршума да са изстреляни от едно и също оръжие.

Не всичкият заряд от боеприпаса се разсейват като газ. Част от не реагиращия взривен заряд, заедно със странични продукти от изгарянето, се изхвърлят в околната среда от всеки отвор в пистолета, особено от дулния срез. Тези остатъци често покриват ръцете, дрехите и тялото на стрелеца и жертвата, ако са достатъчно близо. Тампони, взети от потенциално замърсени повърхности, могат да бъдат анализирани химически с помощта на различни техники, особено атомна абсорбция, рентгенова и сканираща електронна микроскопия, за да се докаже, че е имало изхвърляне.

Остатъците от изстрел (GSR, Gunshot residue) може също да бъдат идентифицирани химически чрез прилагането на редица различни химически тестове. Най - често срещаните от тях са цветни "петнисти" тестове, които откриват нитрати, нитрити или олово.

Остатъците от изстрел могат да останат върху дрехите и ръцете за изненадващо дълъг период от време. Много компоненти на GSR не са много разтворими във вода и неправилните форми на частиците могат да ги фиксират здраво в дрехите и тъканите.

За откриване на следи от изстрели се използват различни техники, включително:

- Емисионно-спектрални изследвания - за определяне на елементарният състав на веществата;
- Мас-спектрометрия - за анализ на елементарния състав на пробите;
- Сканираща електронна микроскопия – за установяване на различни обстоятелства, свързани с проведения изстрел (посока на изстрела, позиция на стрелеца и др.);
- Рентгенов спектрален микроанализ - предоставя информация за състава на дадено вещество;
- Хроматография.

Аерозолният метод за откриване на полинитроароматни съединения на различни повърхности се основава на способността на нитроарените (нитро съединения, в които нитро групата е свързана към въглероден атом) да образуват комплекси с молекули при което се появява характерен цвят (Фиг. 5). Появата на цвят от жълт до кафяв показва наличието на експлозиви, а по интензивността на цвета е възможно да се установи към кой конкретен експлозив принадлежи пробата.

Аерозолното устройство е приложимо за търсете на следи от експлозиви, с цел намаляване на броя предметите и материалите, които трябва да се изпратят за лабораторен анализ; при провеждане на оперативно-издирвателни мерки - търсенето на следи от експлозиви по дланите, дрехите и битовите предмети може да помогне за идентифицирането на лицата, участващи в транспортирането на взривни вещества, производството на взривни вещества и др.

Появата на оцветени петна в съответствие с еталон, свидетелстват за наличие на повърхностни следи от взривно вещество. При това индикаторната рецептура не оказва вредно въздействие на кожата на ръцете, а формирането се оцветяване може да се запази върху тях за дълго време [15, 16].



Фиг. 5. А – Пример за индикационен ефект – следи от тринитротолуол върху длан;  
В - Конструкция на аерозолно устройство: 1 -спрей-помпа, 2 – флакон.

Определянето на траекторията на куршума може да помогне да се реконструират подробно събитията, настъпили по време на стрелба. Траекторията на куршумите могат да бъдат определени чрез внимателно измерване и позициониране на всички известни крайни точки, ъгли на удара, данни за траекторията в докладите за аутопсии и други известни точки.

Възможността да се идентифицира конкретното огнестрелно оръжие, от което е изстрелян куршума, е много важна стъпка в процеса на разследване. Всяко огнестрелно

оръжие показва уникални характеристики в зависимост от различните си компоненти, като изстрел, нарез на цевта, изхвъргач, екстрактор и дулен упор. Тези маркировки включват „подпис на куршум“ и „подпис на гилза“, които се считат за уникални за всяко огнестрелно оръжие.

Въз основа на тези характеристики е възможно да се идентифицира огнестрелното оръжие, чрез което е извършено престъплението. Тези характеристики могат или да са специфични за марката, която може да разпознае определен тип огнестрелно оръжие, или да са уникални за всяко огнестрелно оръжие, като могат да идентифицират различно всяко огнестрелно оръжие.

Характеристиките, принадлежащи към първия тип, се наричат „Характеристики на класа/обща признаци“, докато вторият се нарича „Индивидуални характеристики/частни признаци“.

Една от индивидуалните характеристики, които могат да идентифицират еднозначно всяко огнестрелно оръжие, са ивиците/следите/, оставени от цевта на пистолета на повърхността на куршума при изстрел. Тези ивици са резултат от спираловидно оформените канали, направени в отвора на цевта на пистолета, наречени нарези, така че куршумът да се върти при изстрел. Това води до много по-стабилен балистичен полет, което води до повишаване на точността на изстреляния куршум.

Тези микроскопични характеристики са уникални за всяко огнестрелно оръжие и зависят от производствения процес, през който са подложени. В процеса на идентифициране на огнестрелно оръжие се наблюдават и сравняват характерни белези, присъстващи както на образеца, открит на местопрестъплението, така и на тестовия образец, получен от лабораторията.

Традиционната балистична идентификация с помощта на конвенционални сравнителни микроскопични изследвания с ниска резолюция на съдебни балистични образци е трудоемка дейност, като няколко дни време се отделя за единичен анализ и сравнение.

Вече са проведени серия от проучвания за оценка на системите за изображения, които са създадени с цел подпомагане на процеса на идентификация на огнестрелно оръжие. Тези системи обаче са разработени главно за стандартни огнестрелни оръжия и боеприпаси. Според проучване, проведено през 2013 г., от 40 милиона престъпления, извършени в Индия с използване на огнестрелни оръжия, около 15% са извършени чрез „лицензирано“ огнестрелно оръжие, а останалите 85% принадлежат към „нелицензирано“ незаконно огнестрелно оръжие, наричано още „desi“ kattas'.

С помощта на съвременна цифрова обработка на изображения е възможно да се разработи подходящ метод, който може да помогне на балистичните изследователи при идентифицирането на огнестрелни оръжия чрез техники за обработка на изображения и използване на характеристиките на формата на тези следи за уникално идентифициране на огнестрелното оръжие, от което е изстреляно.

Традиционно балистичните идентификации се основават на сравнения на изображения с помощта на оптичен микроскоп. От 2000 г. развитието на съвременните оптични и компютърни науки и технологии позволи да се използват топографски измервания за балистична идентификация и тази процедура демонстрира превъзходни резултати от корелацията.

Бързото развитие на микроскопите в началото на деветнадесети век беше свързано с два проблема: опитите да се превърне от чисто качествена в количествена науката при липса на точни стандарти за калибриране и както потребителите, така и производителите се нуждаеха от стандартен тестов обект и сравнителни микроскопи.

От края на 80-те години на миналия век, развитието на автоматизираните балистични системи за идентификация преминава през подобен процес на преобразуване от качествени в количествени сравнения.

В началото на 90-те години в САЩ са разработени и използвани различни автоматизирани системи за търсене и идентификация с балистична база данни. Производителите на инструменти създават различни алгоритми за корелация на резултатите при количествено представяне на приликите в изображения. Въпреки това, както дефинициите, така и алгоритмите за корелация са патентовани без наличието на обективен тест.

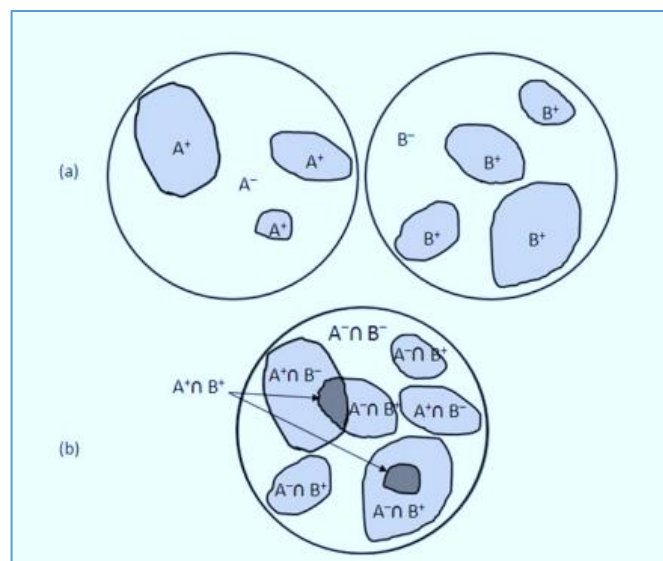
Нещо повече, необходим е стандартен обект за тестване на различни корелационни системи за осигуряване на качеството, особено когато тези системи са интегрирани в национална мрежа.

Най - общо казано, тези геометрични балистични „подписи“ могат да бъдат характеризирани в две категории: следи по куршуми, състоящи се от бразди и полета, които могат да бъдат представени от 2D профили,  $Z = F(x)$  и следи от отпечатьци върху различни региони на гилзите, които могат да бъдат представени чрез 3D топографски изображения  $Z = F(x, y)$ .

Сравнението на изображения с помощта на сравнителен оптичен микроскоп за балистична идентификация имат повече от 100-годишна история [6]. От края на 80-те години са разработени различни автоматизирани системи за идентификация на, като например Integrated Ballistics Identification System (IBIS) [7].

Такива системи обикновено включват дигитализиран оптичен микроскоп, станция за анализ на сигнатурата и корелационен софтуер.

Повечето от тези системи се основават на сравнения на изображенията с оптичен интензитет  $I = (x, y)$ , получени от микроскопа, което до голяма степен се влияе от условията на осветление като вид източник на светлина, посоката на осветление, интензивността, цвета, еластичността на материала и контраста на изображението.



Фиг. 6. Валидни области на корелация ( $A^+$  и  $B^+$ ) и невалидни области на корелация ( $A^-$  и  $B^-$ ) за отделни топографии A и B, произхождащи от едно и също огнестрелно оръжие.

Както при пръстовите отпечатыци, всяко огнестрелно оръжие има уникални характеристики и при изстрел отпечатва уникални следи върху куршумите и гилзата. Анализирайки тези балистични следи, проверяващите могат да свържат конкретно огнестрелно оръжие с разследвания на инкриминирани огнестрелни оръжия.

През 2013 г. е създаден нов аналитичен подход за балистични идентификации, известен като Congruent Matching Cells (CMC).

Корелираните повърхности на изстреляни куршуми и изхвърлени гилзи включват "валидни" и "невалидни" корелационни области. Валидната корелационна област съдържа индивидуалните характеристики на балистичните следи, които могат да се използват ефективно за идентификация.

Невалидната корелационна област не съдържа индивидуални характеристики на балистичния подпис и следователно трябва да бъде елиминирана от балистичната идентификация. Невалидни области на корелация могат да възникнат, например, поради недостатъчен контакт между повърхността на огнестрелното оръжие и куршума или гилзата по време на стрелба [12].

На Фиг. 6 е показана корелация на две повърхностни топографии А и В, произхождащи от едно и също огнестрелно оръжие. Валидната корелационна област е представена с индекс (+); невалидната корелационна област е представена с (-). Символът за обединение „U“ се използва за представяне на обединението на две изображения; символът за пресичане „∩“ се използва за представяне на пресичането (или припокриването) на две изображения.

Корелационната клетка е предназначена за точни балистични идентификации на 3D топографски следи. Корелационната клетка е основна корелационна единица с „достатъчно малък“ размер на клетката, така че мозайка от клетки да може ефективно да представлява валидната корелационна област и да я отдели от невалидната корелационна област; и „достатъчно голям“ размер на клетката, за да съдържа значителен брой върхове и долини за точни корелации на топографията. И двете са важни за ефективни и точни балистични идентификации.

Чрез използване на корелационните клетки може да бъде идентифициран валидният корелационен регион и невалидният корелационен регион може да бъде премахнат от корелацията. По този начин точността на корелацията може да бъде увеличена.



Фиг. 7. Стандартен куршум SRM2460 (вляво) и стандартен патрон SRM 2461 (вдясно).

Стандартните куршуми на NIST (The National Institute of Standards and Technology, NIST, USA) от стандартния референтен материал (SRM) 2460 и стандартните гилзи (SRM 2461) са разработени като референтни стандарти за лабораториите за престъпления, за да се провери дали компютърното оборудване за оптично изображение в тези лаборатории работи правилно и за улесняване на измерванията и акредитация на лаборатория.

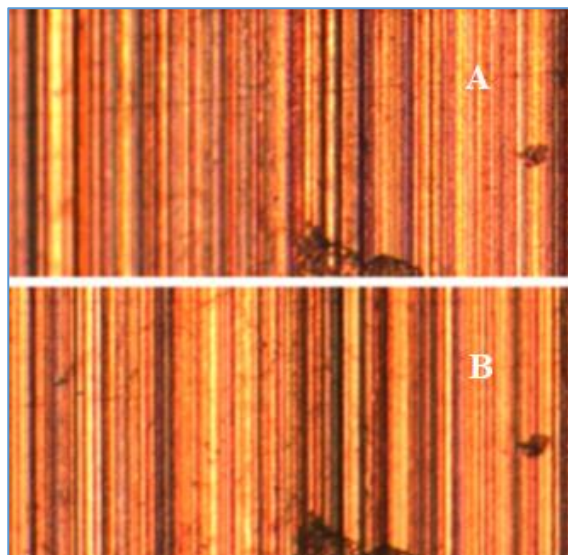
Те са тествани в доброволчески криминалистични лаборатории в САЩ с цел разработване на процедури за контрол на качеството на оптичните наблюдения от Националната интегрирана балистична информационна мрежа, ръководена от Бюрото за алкохол, тютюн, огнестрелни оръжия и експлозиви (ATF).

Значителното влияние на условията на осветление върху оптичното изображение е демонстрирано със стандартен тестов обект, куршум SRM (Фиг. 7).

Един от резултатите от теста е показан на Фиг. 8, при което една и съща ивична площ (LEA) на куршум от SRM е наблюдавана на един и същ микроскоп при различни ъгли на осветяване.

Тези два модела показват значителни разлики, причинени от малката разлика в посоката на осветяване и вероятно могат да се сметат за „несъвпадащи“. [8].

Наличието на едни и същи повърхностни дефекти и на двете снимки показва, че двете изображения всъщност са заснети в една и съща зона на повърхността на куршума.



Фиг. 8. Изображения, заснети върху една и съща област на куршум SRM 2460-001 на един и същ микроскоп при различни посоки на осветление. А - площ, подравнена перпендикулярно на оптичната ос на микроскопа, В - същата област, наклонена с приблизително 6°.

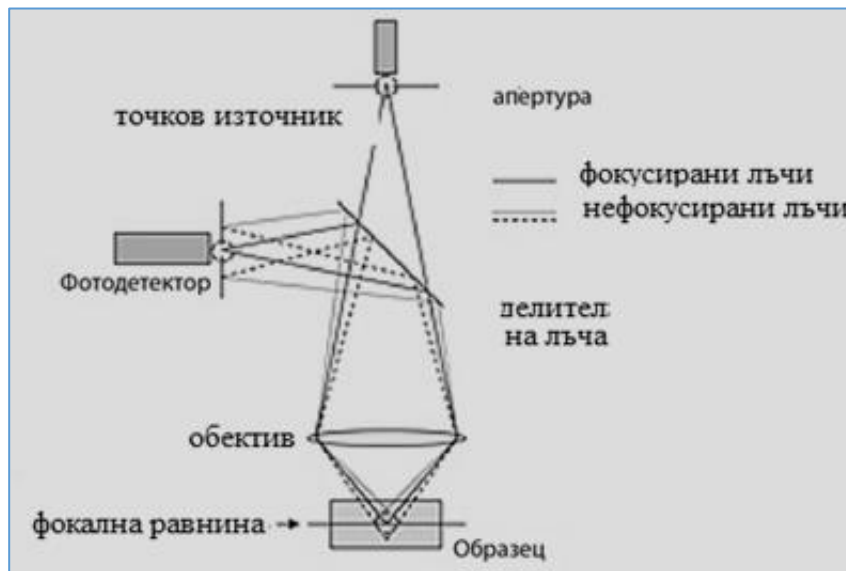
Установено е, че когато посоката на осветяване е променена от  $\pm 2^\circ$  на  $\pm 3^\circ$ , изображенията показват значителни разлики, в сравнение с изображение, получено при ъгъл на осветяване  $0^\circ$ .

Когато посоката на светлината е ориентирана под ъгъл  $\pm 4^\circ$  до  $\pm 5^\circ$ , разликата в изображенията стават толкова големи, че вероятно заключението на експерта ще бъде „несъвпадащи“ в сравнение с референтното изображение при  $0^\circ$ .

Тъй като балистичните следи са геометрични микротопографии, директното измерване и корелация на повърхностните топографии може да избегне ефекта на условията на осветяване и вероятно да подобри точността на идентификация.

От 80-те години на миналия век с помощта на съвременните компютърни технологии са разработени различни оптични инструменти, способни да измерват прецизно 3D топографията на повърхността. Те включват по - специално конфокалния микроскопи (Фиг. 9) и интерференционния микроскоп. Това направи възможно използването на топографски измервания за балистични идентификации.

При друг тест същата площ ( LEA) на куршум SRM е изследвана с оптичен микроскоп при ъгли на осветяване, вариращи от  $\pm 1^\circ$  до  $\pm 5^\circ$ .



Фиг. 9. Схема на конфокален микроскоп за измерване на топография на повърхността

Конфокалната микроскопия се използва широко за измерване на повърхностна топография, когато се използва в режим на отражение. С помощта на микроскопа дискриминация се откриват вариации във височината на повърхността и топографията, когато повърхността се сканира вертикално, по оптичната ос на микроскопа.

Вариациите на метода включват лазерна сканираща конфокална микроскопия (LSCM), дискова сканираща конфокална микроскопия (DSCM) и програмируема микроскопия (PAM).

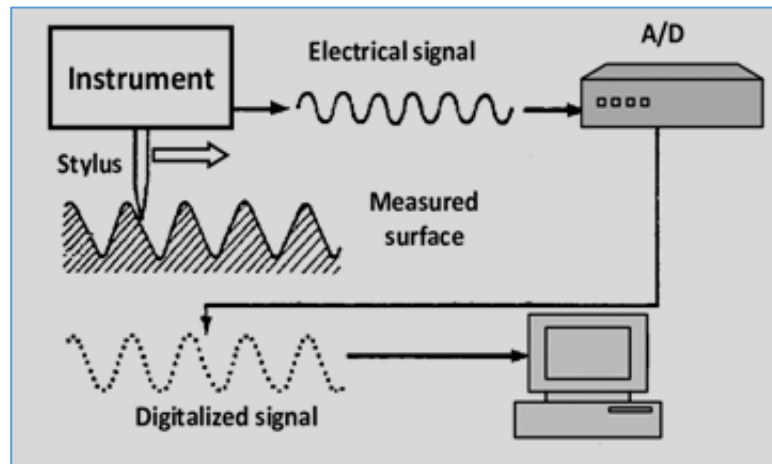
Различни конфокални микроскопи са използвани в редица изследвания на огнестрелни оръжия и инструменти за маркиране на инструменти. Вертикалната разделителна способност и страничната разделителната способност се подобряват с числовата апертура (NA) на микроскопа. При обектив 50X, вертикалната разделителна способност може да достигне няколко нанометра, а страничната - от порядъка на микрометър или по-малко.

Инструментите за стилус осигуряват получаването на повърхностни профили и топографски изображения чрез сканиране на повърхността с фин стилус (Фиг. 10) [11]. Докато стилусът сканира повърхността, неговото вертикално движение над върховете и долините се преобразува от датчик в електрически сигнал, който се цифровизира, съхранява и анализира.

Инструментите на стилуса могат да имат много добро съотношение между диапазона и разделителната способност както във вертикална, така и в странична посока и могат да имат висока точност след калибриране.

Фактът, че те се нуждаят от механичен контакт, ограничава тяхната полезност за проверка на повърхностите на доказателствени материали или изпитвани боеприпаси поради възможността за надраскване или увреждане по друг начин на изследваните повърхности.

Инструментите за стилус се използват ефективно при някои изследвания на огнестрелни оръжия и инструменти и при определяне на стандарти за куршуми.



Фиг. 10. Схема на стилус инструмент за измерване на топография на повърхността.

Наскоро Forensic Technology Incorporation (FTI) обяви разработването на нова система за изобразяване на куршуми и гилзи (IBIS-TRAX 3D™). За системата Bullet TRAX-3D, специално е проектиран 3D конфокален сензор, който може да заснема цифрови изображения и да създава 3D топографски модел на повърхността на куршума.

Съдебната балистика включва изследване на доказателства от огнестрелни оръжия, които може да са били използвани при престъпление. Когато куршумът е изстрелян от пистолет, пистолетът оставя микроскопични следи върху куршума и гилзата. Тези следи са, като балистични пръстови отпечатъци.

Ако разследващите открият куршуми от местопрестъплението, криминалистите могат да сравнят белезите на куршума от местопрестъплението с маркерите на тестван куршум, изстрелян от същото оръжие. След това се преценя колко сходни са двата комплекта следи и да се определи дали куршумите вероятно са били изстреляни от един и същ или от различни пистолети. Гилзите се сравняват по същия начин.

### 1.3. Използване на инструментални и специални методи за експертно балистично криминалистично изследване

Пример за прилагане на специалните и инструментални методи за експертно изследване е изследването на предоставени обекти от местопрестъпление - гилза с надпис на задната и част SB 15 7,62x54R и част от куршум (Фиг. 11), ловни пушки – ИЖ 27 ЕМ, ТОЗ 34Р, Монте Карло, ЧЗ 550 и ИЖ 94.

Необходимо е да се установи дали предоставената за изследване гилза и частта от куршум са изстреляни от едно и също оръжие ли и дали това оръжие съвпада с някоя от предоставените за изследване пушки.

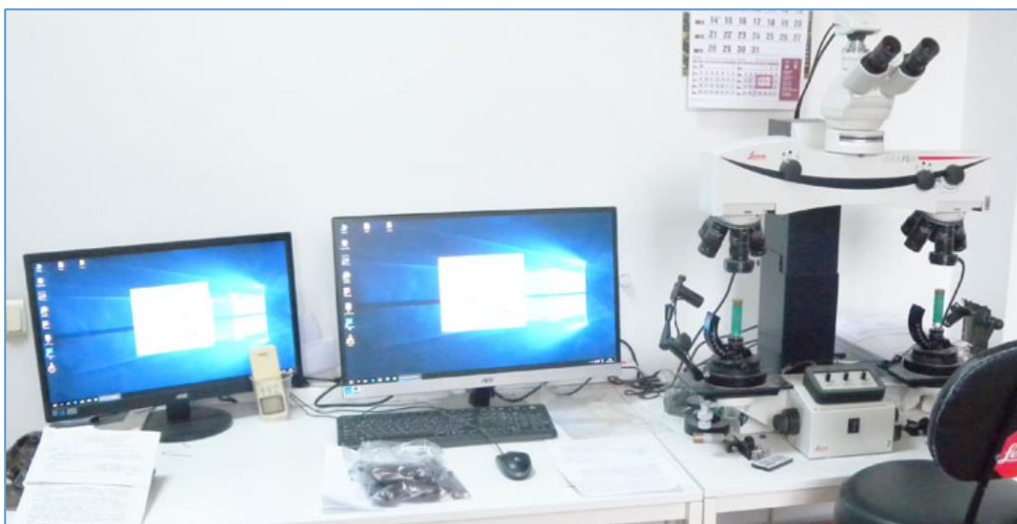
За да се отговори на въпроса дали е стреляно с предоставените за експертиза оръжия бе проведено лабораторно изследване. Каналите на цевите на всички предоставени за експертиза ловни пушки бяха протрити с памучни тампони, а откритото в тях съдържание бе обработено с дифениламин  $-(C_6H_5)_2NH$  в концентрирана  $H_2SO_4$ . За всички оръжия след тестването се наблюдаваха синьо-зелени оцветявания, характерни за наличие на неизгорели барутни частици.



Фиг. 11. Общ вид на предоставената за изследване изстреляна гилза (А) и общ вид на фрагментите от ризница и сърдечник на предоставения за изследване изстрелян куршум (В).

Това дава основание да се направи извод, че с всички оръжия са произвеждани изстрели след последното им почистване и смазване.

Освен теста с дифениламин, откритото съдържание в цевите бе изследвано и с метода на тънкослойна хроматография. Потвърди се наличието на неизгорели барутни частици.



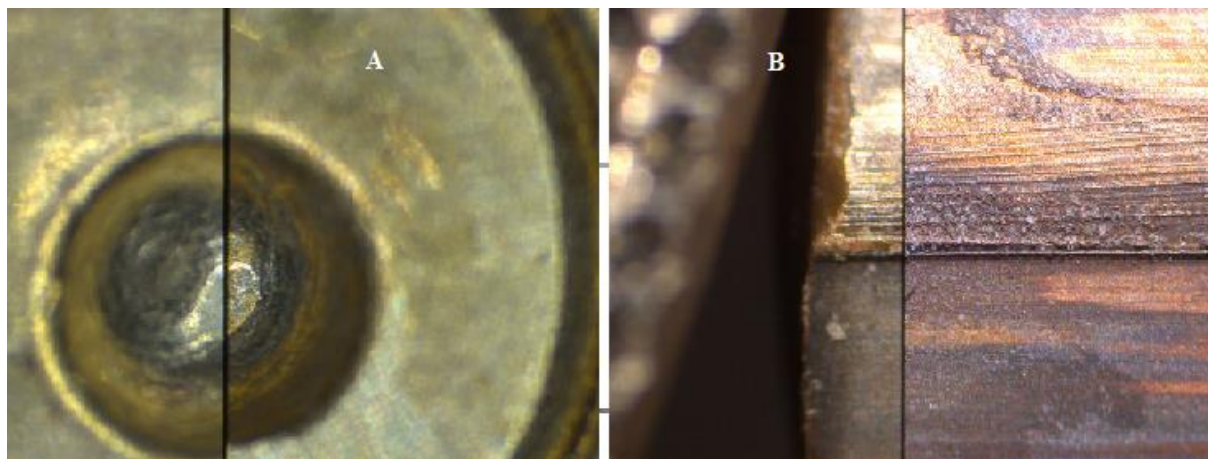
Фиг. 12. Сравнителен криминалистичен микроскоп LEIKA SFM.

По дъното на гилзата се откриха следи от следообразуващите части на оръжието с което е изстреляна /дулен упор, изхвъргач и жило на ударника/. Следите са трайни,

характерни и са подходящи за провеждане на идентификационно изследване за установяване на оръжието, от което е изстреляна гилзата.

За провеждането на сравнително идентификационно изследване бяха осигурени гилзи и куршуми след експериментална стрелба с предоставената за изследване ловна комбинирана пушка ИЖ 94. Изследването се проведе с помощта на сравнителен криминалистичен микроскоп „LEIKA SFM“ (Фиг. 12).

За гилзата се установиха съвпадения по форма, разположение и взаимно разположение на микрорелефа от следообразуващите части на оръжието. За куршума се установиха съвпадения в микрорелефа на нарезите (Фиг. 13, А, В).



Фиг. 13. Идентификационните съвпадения на предоставените за изследване изстреляни гилза (А) и куршум (В).

## II. Автоматизирани системи за идентификация в балистичната експертиза

Почти сто години съдебните експерти по балистика сравняват куршуми и гилзи, като ги изследват визуално под микроскоп с разделен екран. След сравняване на куршумите, проверяващият може да предложи експертно становище дали те съвпадат, но не може да изрази силата на доказателствата числено.

Специалистите от National Institute of Standards and Technology (USA) разработиха методи, които позволяват на експерта да добави обективна, статистически значима мярка за сигурност към своите показания. Standard Bullet и NIST Standard Cartridge Case не са истински куршуми или гилзи, те са точно произведени копия на изстреляни куршуми и гилзи с известни балистични пръстови отпечатащи.

Криминалните лаборатории използват тези стандарти за калибриране на своите инструменти, което помага да се гарантира, че техните изследвания дават точни резултати.

Днес в много страни по света в експертната практика се въвеждат интензивно модерните системи за идентификация. С появата на първите персонални компютри в средата на 80-те години на миналия век и след това – на балистичните компютърни програми, стана възможно да се изчислят височината и скоростта на куршума, инерцията, кинетичната енергия и други балистични параметри. Най - важното е, че стана възможно да се представи точната траектория на куршума, като се използват определени данни за неговата скорост.

Балистичният софтуер може да се използва за изчисляване на всички измерими променливи, които влияят върху полета на куршума. Балистичните програми осигуряват точни резултати благодарение на подходящо избрания математически модел, използван за изчисляване на траекторията [2].

Има много балистични програми. Има безплатни и платени, евтини и не толкова евтини. Но цената на програмата не е показател за това колко точни ще бъдат нейните изчисления. Точността на изчислението на траекторията зависи от точността на първоначалните данни.

От огромното разнообразие от програми, участващи в изчисляването на балистични характеристики, най-популярни и, от гледна точка на оценката на балистиката и най-пълни при изчисляването на изходните данни са следните.

Голям набор от програми дават информация за траектория, скорост, енергия, спускане, обхват на хоризонта и някои други характеристики при изстреби. Програмите правят изчисления въз основа на различни балистични модели и могат да изчислят и други параметри, въз основа на въведените данни.

На практика се взема под внимание балистичния коефициент и скоростта и се изчислява траекторията. Ако са въведени данни за посоката на вятъра и неговата скорост, тогава има възможност да се изчисли отклонението от вятъра.

Ако се добавят други фактори, които влияят на траекторията, като температура, барометрично налягане, надморска височина и ъгъл на стрелбата, програмите обработват и тях. Всеки набор от изчисления за дадена скорост на куршума се нарича проследяване. Програмите могат да обработва няколко траектории едновременно и да ги показват в една графика за по-лесно сравнение.

Софтуерът *Ballistic Explorer* на Ouler изчислява траекторията и всички нейни параметри за всякакъв вид патрони, прахови заряди и различни куршуми при различни скорости и при различни условия. Той съдържа данни за свободните за употреба боеприпаси и куршуми.

С негова помощ могат да изчислят всички необходими данни за изстрела и въз основа на тази информация и някои допълнителни данни. Резултатите могат да бъдат представени под формата на графики или таблици.

Данните за боеприпасите и куршумите от *Ballistic Explorer* могат да бъдат извлечени и използвани за изчисления, което позволява да се сравни ефективността на оръжието с тази, дадена от производителя. Като цяло това е много полезна програма и изобщо не е трудна за тези, които използват персонален компютър.

Програмата *Sierra* по същество изпълнява същите функции като програмата Ouler, но има различен подход и е малко по-гъвкава. Независимо, че програмата изисква необходими умения от потребителя, тя е за предпочитане, защото предлага няколко полезни функции. Например, има отделна функция за изчисляване на балистичния коефициент, при използване на данни, въведени от потребителя.

Въз основа на изложеното става ясно, че програмните продукти, които се използват за определянето на балистични параметри, са много удобни за компютърни балистични изчисления, независимо че не са уникални и на са достатъчни пълни по отношение на въвежданите изходните параметри [15, 16].

*Applied Ballistics*, която се появи през 2014 г., дава възможност на своите потребители да изчисляват траекторията на изстрел, не само използвайки балистични коефициенти, но и да прилагат индивидуални балистични профили. Тази система, подкрепена от информационна база, събрана в лабораторни условия, предоставя

уникален инструмент за анализиране на зоната на поразяване на целта (ЗПЦ), заедно с пълен набор от стандартни балистични функции.

Софтуерът изчислява вероятността за попадане в целта от различно разстояние, което позволява да зададат границите на неопределеност на параметрите. В допълнение към горните функции, програмата включва и анализатор на профила на вятъра. Той позволява да се изчисли средната стойност на непроникване, като се вземе предвид силата и посоката на вятъра в няколко участъка от траекторията, но най – много до 10 сегмента.

Разбира се, има и други балистични програми, които позволяват получаване на стойности за отделните балистични характеристики. Изборът на конкретна програма зависи от това какви са целите и какви инструменти са необходими за решаването на конкретна задача.

Следващата стъпка в процеса на автоматизация на идентификационните криминалистични балистични системи е разработването на системи за идентификационно търсене.

Такива са „ТАИС“, „Арсенал“, „Кондор“, „Поиск“, в Русия, и системата на IBIS Forensic Technology (Канада) [13, 14].

Балистичната автоматизирана система за идентификация ("ТАИС") е предназначена за цялостно провеждане на балистични проучвания, за автоматизиран запис на куршуми и гилзи и за компютърна идентификация на куршуми и гилзи от иззети, намерени и предадени доброволно нарезни огнестрелни оръжия и предмети, иззети от местопроизшествия.

Системата не само създава и съхранява изображения на обекти, но също така може автоматично да търси подобни изображения, съхранявани в базата данни на системата [14].

В комплекса "Кондор" за получаване на електронни изображения на изследваните обекти се използва методът на "кадрово-фрагментен" запис с автоматично фокусиране на изображението на всеки фрагмент от повърхността на обекта.

Малките линейни размери на фрагментите (0,6 x 0,6 мм) позволяват сканиране на повърхността на силно деформирани куршуми, като същевременно се поддържа рязкост на изображението и се получават пълни сканирания на страничните повърхности на куршуми, гилзи, както и изображения на дъното на гилзите с незначително изкривяване. Разделителната способност на комплекса е 3,5  $\mu\text{m}$  [10].

В сравнение с криминалистичния сравнителен микроскоп, балистичният идентификационен комплекс (ВІС) има много по - широк набор от функционални възможности, такива като:

- Извършване на автоматични проверки в генерирани бази данни на електронни изображения (гилзи);
- Създаване на електронни регионални бюлетини, свързани в единна информационна мрежа;
- Извеждане от базата данни на предварително записани изображения с последващото им синхронно гледане в редактор с два прозореца и др.

Новите функционалности предопределят нови възможности в при проучвания за идентификация.

Например, наличието на режим „синхронен преглед на сравнени изображения“ позволява да се обобщят съответните индивидуални характеристики на огнестрелните оръжия, показани в следите върху куршумите и страничната повърхност на гилзите.

С помощта на сравнителен микроскоп тази техника не може да бъде реализирана, тъй като от повърхността на сравняваните куршуми или гилзи в зрителното поле попада малка част и е невъзможно синхронното завъртане на изследваните обекти в държачите на куршуми.



Фиг. 14. Балистичен идентификационен комплекс «КОНДОР».

Към днешна дата "Condor" се използва в експертни подразделения на редица страни в Европа и Югоизточна Азия. Федералният институт по криминалистика FMVD на Германия използва комплекса като референтен инструмент за оценка и контрол на качеството на експертизите, извършвани от европейски експерти в рамките на специални програми за обучение.

В тази връзка, опитът от използването на балистичния комплекс Kondor както при провеждане на изпитни процедури, така и в процеса на подготовка на специалисти, е от изключителна важност (Фиг. 14).

Използването на "Kondor" при производството на идентификационни изследвания показва, че сумирането на съвпадащите индивидуални характеристики на огнестрелните оръжия, отразени в следите върху куршумите, е необходимо за обосноваване на заключенията при идентифициране на оръжия по неинформативни следи, както и върху следи от куршуми, изстреляни от гладкоцевни оръжия или от канали на цеви с голямо износване.

Предимството на комплекса "Condor" в сравнение с други системи от това ниво, например IBIS и Drage Fier, е високото качество на изображението, което дава възможност напълно да се изключи използването на микроскопи за потвърждаване на резултатите от теста.

Автоматизирана система за балистична идентификация на огнестрелни оръжия по следи от куршуми и патрони "Арсенал" е модерна мощна компютърна система, която автоматизира цялата технологична верига от трасологични изследвания на куршуми, гилзи и техните фрагменти: от въвеждане на информация и създаване на електронна база данни, проверки и сравнителни изследвания, до получаване на експертно мнение [13].

Основни характеристики на ABIS ARSENAL са: сканиране на цялата странична повърхност на куршуми и гилзи, повърхността на дъното на гилзи, следи от фрагменти от гилзи и деформирани куршуми; възможност за сканиране на дъното на гилзата с помощта на секторно осветление.

Предимствата на системата са следните:

- Методът на сканиране осигурява възможности някои следи се разграничават по - ясно;
- Автоматично се определя позицията на следите върху сканираното изображение;
- Могат да се създават препоръчителни идентификационни списъци въз основа на резултатите от търсенето;
- Визуално се сравняват изображения на обекти от експерта чрез съпоставяне, налагане и наслагване;
- Има възможност за създаване на база данни с използване на метода за компресиране на изображения WSQ;
- Получават се висококачествени графични илюстрации;
- Интеграция във всякакви компютърни мрежи;
- Дистанционно въвеждане на изображения, импортиране/експортиране на изображения във формат TIFF през комуникационни линии, поддържащи IP връзка и др.

Такива добри характеристики на точност и надеждност се осигуряват от научно-техническите решения, включени в системата:

- Математически алгоритъм за кодиране и разпознаване на изображения, чиято основа е тествана от дългогодишната практика на автоматизираната система за пръстови отпечатаци AFIS PAPILLON;
- Автоматизирано устройство за въвеждане - балистичен скенер - осигуряващ много висококачествени изображения на повърхности и следи.

Балистичният скенер е CCD-матрица, съдържаща пет хиляди елемента, и е универсален (Фиг. 15).

С негова помощ могат да се сканират куршуми (пълно размахване на страничната повърхност на куршумите, следи върху фрагменти от ризници), гилзи (включително страничната повърхност), обекти с размер до 20 mm с резолюция 4 микрона.



Фиг. 15. Сканиране на дъно на гилза.

Процесът на сканиране на страничната повърхност се състои в последователен запис на цифрово изображение на повърхността на обекта в паметта на компютъра (с косо осветяване и завъртане на обекта около неговата вертикална ос).

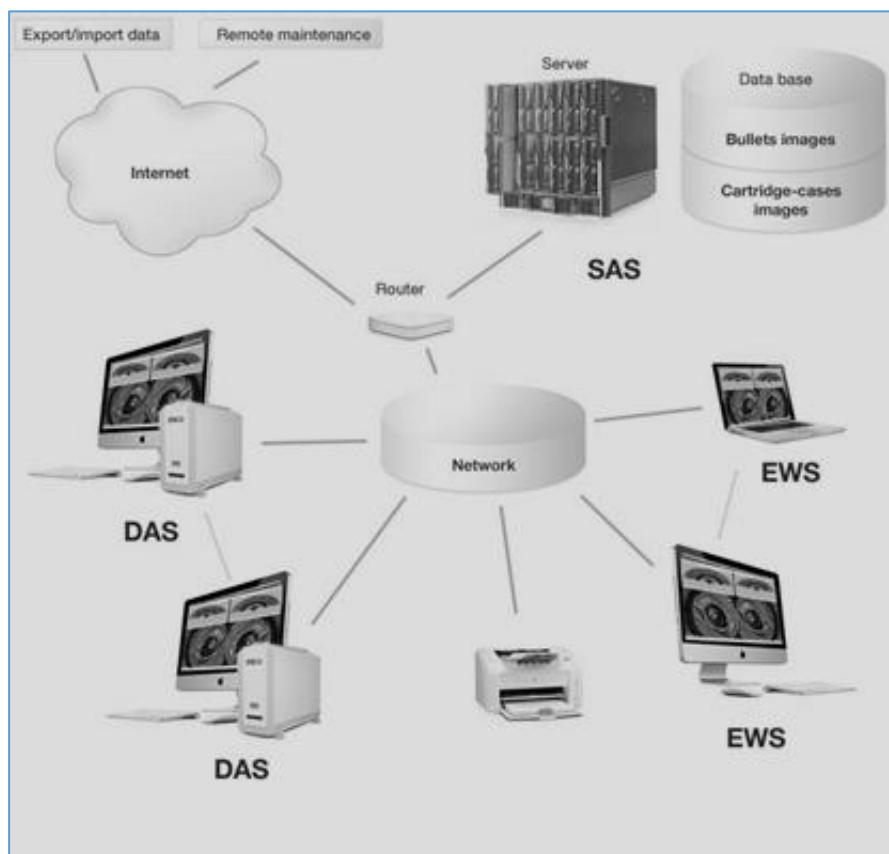
Дъното на гилзата се сканира под два вида осветление: кръгово дифузно и кръгло огледално. Сканираният обект е неподвижен.

По същия начин се сканират следи върху силно деформирани (повече от 3 mm) куршуми и фрагменти от ризници при косо осветление [13].

Department of Forensic Sciences (DFS) в САЩ представи информация относно внедряването на автоматизираната система за балистична идентификация Leeds *Evofinder* (*Evofinder*) в звеното за проверка на огнестрелните оръжия (FEU).

Основната цел на предложението е да се създадат възможности за получаване на висококачествени, навременни, точни и надеждни резултати при използване на най-добрите налични технологии в индустрията.

Системата за оптично профилиране с висока точност на *Evofinder* има сканиращо устройство, което генерира цифрови изображения в 2D и 3D на куршуми и гилзи при изследване, сравнение и корелационни търсения в съществуващите бази данни [19].



Фиг. 16. Конфигурация на *Evofinder*®.

Конфигурацията *Evofinder*® се основава на три основни неразделни части: система за анализ на проби; станции за събиране на данни и експертни работни станции, които са свързани с мрежата (Фиг. 16). *Evofinder*® може да бъде представен като мрежов цифров микроскоп за сравнение.

Изграден е в съответствие с най - новите технологии и предоставя бърз процес за получаването на изображения с високо качество, високоефективни корелации, удобен интерфейс с възможност за изследвайте обектите ръчно на екрана на монитора.

Анализът показва, че с помощта на разработените автоматизирани системи за балистична експертиза в автоматичен режим може да се получат цифрови изображения на повърхностите на изследваните куршуми или гилзи. Получените изображения се съхраняват в базата данни на контролния компютър, извикват се от базата данни и могат да бъдат експортирани чрез комуникационни линии (IP-съединение).

По принцип такива системи се състоят от следните компоненти:

- оптично-електронна система за сканиране;
- устройства за въвеждане на изображения;
- блок за управление и обработка на сигнала;
- персонален компютър с монитор и принтер;
- софтуер.

Функционалността на ABIS зависи от версията и конфигурацията, но като цяло те са, както следва:

- Формиране на масиви от бази данни (куршуми и ризници);
- Разделяне на регистрираните оръжия по видове регистрация;
- Съхранение на текстова информация за всеки обект от базата данни (обстоятелства при регистрация, характеристики на обекта и оръжието и др.);
- Формиране на цифрови изображения на водещата повърхност на куршума, повърхностите на дъното и тялото на гилзата, следи от фрагменти от ризници и деформирани куршуми (увеличение от 9 до 70 пъти);
- Формиране на профили на изображения на повърхности на обекти;
- Автоматично търсене в базата данни;
- Формиране на препоръчителни списъци въз основа на резултатите от търсенето;
- Работа с обекти на база данни и списъци с препоръки;
- Сравнително изследване на изображения;
- Отпечатване на информация от базата данни;
- Импортиране (експортиране) на обекти на база данни чрез линии, поддържащи IP връзка;
- Диференциация на правата за достъп до бази данни и защита на информацията, съхранявана в бази данни и предавана чрез комуникационни канали;
- Формиране на статистически отчети за работата на системата и др.

Наличният софтуер на системите позволява автоматично търсене в базата данни и идентификация на изображения на обекти (ABIS работи под Linux OS или Windows OS).

Въз основа на резултатите от генерираните списъци с препоръки, експертът заключава дали базата данни съдържа обект, изстрелян от същия екземпляр на оръжието като обекта, предмет на разследването.

Принципът на работа на този тип системи е следният. Повърхността на обекта (водещата част на куршума, дъното на гилзата или страничната му повърхност) се сканира с оптичен скенер, докато обектът се осветява от светлинен източник, който генерира светлинни вълни с определена дължина.

Скенера е поставен под ъгъл спрямо повърхността на обекта. В полученото изображение микрорелефът на следите се проявява чрез промяна на интензивността на

осветяване, което се преобразува в пиксели с различна яркост и се показва на матрицата в двоичен код. Получената картина на морфологията на следите се преобразува в структура от типа „черно-бял“, която след това се прехвърля в базата данни и се използва за последващо сравнение.

Записват се изображенията, след което след това автоматично се "залепват" едно към друго. При първото сканиране се определя калибърът на куршума. На деформирани куршуми и фрагменти се сканира необходимия брой повърхности със запазени следи от оръжия. След сканиране изображенията на повърхностите на обектите се въвеждат в базата данни ABIS под формата на цифрови изображения и автоматично се сравняват с изображенията на всички съответни обекти в базата данни.

Оптичните скенери на съвременния ABIS са универсални и позволяват да се работи с куршуми, с гилзи, както и с фрагменти от ризници и деформирани куршуми.

Таблица 1.

	«Арсенал»	Balscan	ALIAS	IBIS	EVOFINDER
Разделителна способност 2D	2,7 $\mu\text{m}$	3 $\mu\text{m}$	2 $\mu\text{m}$		3,5 $\mu\text{m}$
Разделителна способност 3D	20 $\mu\text{m}$	3 $\mu\text{m}$	1,6 $\mu\text{m}$		3,5 $\mu\text{m}$
Калибър на сканирания куршум	5,45 mm до 12 калибър	5,45 mm до 12 калибър		от 4.37 mm до 13 mm	от 4 mm до 16 mm
Средно време за сканиране куршум/гилза	2D – 1.5 мин.	За куршум 2D–3 мин. 3D–5 мин. За гилза 2D–.5 мин. 3D–14 мин.	По-големи в сравнение с Balscan и EVOFINDER	По-големи в сравнение с Balscan и EVOFINDER	2.5 мин.
Средно време за сканиране на дъното на гилзата	2D – 1.5 мин	2D–1 мин. 3D–1.4 мин.			2.5 мин.

Разделителната способност на скенерите, в зависимост от версията на системата, е 2,5–4  $\mu\text{m}$ . При скенерите е внедрен автоматичен механизъм и се изчислява осветеността, което значително намалява нивото на преекспониране в изображенията и избягва свързаната с това загуба на информация. Скенерите работят еднакво добре с

обекти, направени от различни материали, тъй като отражателната способност на материала се взема предвид при изчисляване на осветлението.

ABIS обаче има определени недостатъци. Факт е, че когато работят в интерактивен режим, различни оператори могат да маркират зоните за търсене върху изображението на повърхността на един и същ куршум (гилза), въз основа на собственото им възприятие на знаци в следите, т.е. има субективен фактор.

При различни условия на въвеждане (например грешки в настройките на оптичните скенери на системата), когато автоматично се сравняват изображенията на следи върху изследваните обекти с изображения от базата данни, сред които вече има установени подобни следи върху същите обекти, те показват вероятностен списък на съвпаденията, в който желаният обект е най - близо до изследваната извадка.

Това обстоятелство не позволява напълно да се разчита на автоматизирани системи за идентификация при производството на изследвания и изследвания и възлага на експерта да вземе окончателното решение дали два съпоставими обекта са били изстреляни от едно оръжие. Основните показатели за ефективност на сканиращите устройства на различни автоматизирани системи са анализирани и обобщени в Табл. 1[17 - 19].

## **Заключение**

Анализът на използването на съвременни методи в балистичната експертиза показва, че високите нива на компютързация на експертните изследвания и дейности разкриват широки възможности за използване на софтуера и техническия потенциал на сканиращите устройства за получаване на изображения на различни обекти, например огнестрелни оръжия, следи от тяхното използване на местопроизшествието като цяло и върху отделните му елементи.

Получаването и съхраняването в електронна форма на получената информация в реални мащаби и цветове служи за дългосрочно съхранение на доказателствата. Те могат да бъдат изследвани по всяко време по време на разследването на престъпление.

Очевидно е, че най - ефективните начини за повишаване на ефективността на тази област са подобряване на методологичната подкрепа, разширяване на възможностите за научни изследвания, увеличаване на доказателствената стойност на заключенията.

Трябва да се обърне сериозно внимание на компютързацията и автоматизацията, оборудването на лабораториите със съвременни оптични и компютърни системи, на създаването на ново оборудване и компютърни програми, включително допълнително усъвършенстване на автоматизираните системи за балистична идентификация. Човешкият фактор обаче остава основното средство за постигане на високо ниво и качество на експертиза и изследвания.

## **Литература**

- [1]. Дмитриевский А. А., Лысенко Л. Н., “Внешняя Баллистика“//М. Машиностроение, 2009, 126 с.
- [2]. Обзор балистических программ, 1.1. Applied Ballistics Analytics /Электронный ресурс/, <http://rifleaccuracychannel.com>
- [3]. Song, J., Vorburger, T.V., Ballou, S., Thompson, R.M., Yen, J., Renegar, T.B., Zheng, A., Silver, R.M., Ols, M., "The National Ballistics Imaging Comparison

- (NBIC) Project," *Forensic Sci. Int.* **216**, pp. 168-182 (2012); DOI:10.1016/j.forsciint.2011.09.016.
- [4]. Pratyashee Changmai, Kangkana Bora, Rsuresh Suresh, Lipi B. Mahanta, Nabamita Deb, On the Study of Automated Identification of Firearms Through Associated Striations, November 2019 DOI: 10.12783/ballistics2019/33156 Conference: 31st International Symposium on Ballistics 2019: Volume 1: Exterior Ballistics, Interior Ballistics, Launch Dynamics, and Others.
- [5]. G. Li, Image processing for the positive identification of forensic ballistic specimens., in: Proceedings of 6th International Conference of Information Fusion, Cairns, Queensland, Australia, 2003, pp. 1494–1498 (2003).
- [6]. Hamby J 1999 The history of firearm and toolmark identification *AFTE J.* 31 225–41.
- [7]. IBIS Operation Manual, Forensic Technology Inc., Montreal, Canada <http://www.fti-ibis.com>
- [8]. J. Song<sup>1</sup>, W. Chu<sup>1</sup>, T. V. Vorburger, R. Thompson, T. B. Renegar, Development of ballistics identification—from image comparison to topography measurement in surface metrology, *Measurement Science And Technology, Meas. Sci. Technol.* 23 (2012) 054010 (6pp).
- [9]. Anthony J. Bertino, Patricia Nolan Bertino, *Forensic Science: Fundamentals and Investigations*, 2012, ISBN-13: 978-0-538-73155-3.
- [10]. Федоренко В. А., Илясов Ю. В., Применение баллистического идентификационного комплекса «КОНДОР» при экспертных исследованиях и в учебном процессе, <https://sud-expertiza.ru/library/ekspertiza-kompleksa-kondor>
- [11]. T. V. Vorburger, J Song and N. Petraco, Topography measurements and applications in ballistics and tool mark identifications, December 2015, *Surface Topography Metrology and Properties* 4(1):013002 *Surf. Topogr.: Metrol. Prop.* 4 (2016) 013002.
- [12]. Junfeng J. Song, *Surface and Topography Metrology in Firearm Evidence Identification and Engineering Surface Quality Control*, School of Engineering, University of Warwick April, 2017.
- [13]. <http://www.bnti.ru/des.asp?itm=5235&tbl=01.02.02>.
- [14]. [https://vuzlit.ru/974787/abis\\_tais](https://vuzlit.ru/974787/abis_tais)
- [15]. V. Pashinin, P. Kosyrev, V. Tatarinov, N. Posohov, The Express Detection of Explosives, *Civil Security Technology*, Vol. 13, 2016, No. 1 (47), ISSN 1996-8493.
- [16]. Michael J. Kangas, Raychelle M. Burks, Jordyn Atwater, Rachel M. Lukowicz, Pat Williams and Andrea E. Holmes, Colorimetric Sensor Arrays for the Detection and Identification of Chemical Weapons and Explosives, *Crit Rev Anal Chem.* 2017 Mar 4; 47(2): 138–153.
- [17]. Берова Джульетта Михайловна, Тенденции использования современных методов производства судебно-баллистических экспертиз, *Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал*, 1'2016, 144-146
- [18]. Юматов В. А., Полякова А. В. Возможности идентификации нарезного огнестрельного оружия по следам на деформированных пулях // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. 2018. № 6. С. 169-175.
- [19]. Jonathan Pope, Validation and Implementation of the Evofinder Automated Ballistic Identification System at the DC Department of Forensic Sciences, *Abstracts/Forensic Science International: Synergy* 1 (2019) S1-S15.