

Использование высокоскоростной видеосъемки при решении научных и практических задач судебной баллистики

 А.В. Кокин^{1,2}

¹ Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы имени профессора А.Р. Шляхова при Министерстве юстиции Российской Федерации, Москва 109028, Россия

² Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования Московский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В.Я. Кикотя, Москва 117997, Россия

Аннотация. Съемка высокоскоростными цифровыми видеокамерами позволяет наблюдать быстропротекающие явления: детонацию, выстрел, искровые разряды; визуализировать этапы разрушения и деформации; производить точные измерения параметров движения, что способствует совершенствованию конструктивных характеристик различных изделий, раскрытию природы явлений и проверке научных теорий. Высокоскоростная видеосъемка может наглядно дополнить текст научного исследования или экспертного заключения, делает возможным восприятие процессов и явлений, изложение которых затруднено из-за значительного объема материала или сложности его понимания.

Проведенный анализ зарубежных публикаций и опыт использования комплекса высокоскоростной видеосъемки в отделе трасологической и баллистической экспертизы ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России показывает, что данный вид видеосъемки является перспективным методом экспертного и научного исследования, обладает преимуществом перед текстовым описанием, а также традиционными способами фото- и видео фиксации, поскольку обеспечивает документальность съемки, наглядность, высокую точность и объективность передачи информации. Он также служит инструментом решения научных и практических задач, обеспечивая получение информации более высокого уровня, способствующей повышению достоверности и обоснованности получаемых результатов.

Ключевые слова: высокоскоростная видеосъемка, выстрел, огнестрельное оружие, судебная баллистика, судебная экспертиза

Для цитирования: Кокин А.В. Использование высокоскоростной видеосъемки при решении научных и практических задач судебной баллистики // Теория и практика судебной экспертизы. 2024. Т. 19. № 1. С. 39–56. <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2024-1-39-56>

Application of High-Speed Video Recording in Solving Scientific and Practical Problems of Forensic Ballistics

 Andrey V. Kokin^{1,2}

¹ The Russian Federal Centre of Forensic Science named after professor A.R. Shlyakhov of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Moscow 109028, Russia

² Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow 117997, Russia

Abstract. High-speed digital video cameras enable us to observe fast-flowing phenomena such as detonation, shot, and spark discharges; to visualize the stages of destruction and deformation; to produce accurate measurements of motion parameters, promoting improvement of the design characteristics for various products, revealing the nature of events and verifying scientific theories. High-speed video recording can visually complement the text of a scientific study or expert opinion, makes it possible to perceive processes and events, the presentation of which is difficult due to the significant volume of material or the complexity of its comprehension.

The analysis of foreign publications and the experience of using a high-speed video complex in the Department of traceological and ballistic examination of the Russian Federal Centre of Forensic Science of

the Russian Ministry of Justice shows that this type of video recording is a promising method of expert and scientific research, has an advantage over textual description, as well as traditional photo methods and video fixation, since it provides documentary filming, visibility, high accuracy and objectivity of information transmission. It also serves as a tool for solving scientific and practical problems, since it provides higher-level information that contributes to increasing the reliability and validity of the results obtained.

Keywords: *high-speed video, shot, firearm, forensic ballistics, forensic examination*

For citation: Kokin A.V. Application of High-Speed Video Recording in Solving Scientific and Practical Problems of Forensic Ballistics. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2024. Vol. 19. No. 1. P. 39–56. (In Russ.). <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2024-1-39-56>

Введение

Высокоскоростная съемка определяется как кино- или видеосъемка с частотой от 10^4 до 10^9 кадров в секунду¹. Подобный вид записи изображения применяется в науке и технике для исследования быстропротекающих процессов, которые недоступны человеческому восприятию.

Появление скоростных камер было предопределено разработкой и совершенствованием методов высокоскоростной фотографии. Со времени первых случаев фиксации на фотоматериалы различных предметов и явлений в окружающей обстановке исследователи стремились запечатлеть не только что-то редкое, но и нечто, происходящее довольно быстро: молнию, убегающее животное и т. п.

Первые серийные камеры для скоростной киносъемки (до 1000 кадров в секунду) были пленочными и появились в начале 1930-х годов [1]. В последующем были разработаны камеры, действующие на основе различных принципов: прерывистого движения, вращающие призматические и зеркальные, диссекционные и растровые². По мере совершенствования техники возросла и скорость съемки, например, разработанная в СССР в 70-х годах прошлого века камера СФР-1 давала ряд последовательных снимков со скоростью до 2 млн кадров в секунду [2, с. 66]. Но с появлением и развитием цифровой фото- и видеосъемки технологии скоростной съемки, реализуемые посредством использования механических систем, устарели. Обусловлено это совершенно иным принципом действия цифровых камер, которые являются элек-

тронными устройствами и не имеют ограничивающих быстродействие механических элементов конструкции. Некоторые современные камеры производят съемку со скоростью триллион кадров в секунду и в буквальном смысле позволяют «заморозить» время [3].

Высокоскоростная видеосъемка представляет интерес для различных видов экспертиз: судебно-баллистической, взрывотехнической, судебно-медицинской, инженерно-технической, трасологической. Например, она зарекомендовала себя в раневой баллистике при моделировании процессов воздействия поражающих элементов на биологические объекты [4–6], а также во взрывотехнике при изучении механизмов взрыва и разрушения материалов [7, 8].

В настоящее время мировыми лидерами в разработке и производстве оборудования для высокоскоростной съемки являются компании:

- Vision Research Inc. (США), выпускающая камеры марки Phantom;
- Digital Image Technology (Япония) – камеры Ditec;
- фирмы AOS Technologies AG (Швейцария), PCO GmbH (Германия) и ряд других.

Ведущим отечественным производителем техники для высокоскоростной съемки является НИЦ «Промышленная оптика», изготавливающий камеры серии Evercam.

Зарубежная практика

В иностранных публикациях имеются результаты исследовательских и экспериментальных работ по применению камер высокоскоростной видеосъемки для решения задач судебной баллистики и некоторых смежных областей.

¹ Скоростная съемка процессов // Хабр. Сообщество IT-специалистов. <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/654161/> (дата обращения: 01.10.2023).

² High-speed photography. https://en.wikipedia.org/wiki/High-speed_photography (дата обращения: 01.10.2023).

Джеймс Робертс (James Robertz) представил результаты исследования по изучению механизма рикошета свинцовой дроби от бетона. Экспериментальная стрельба проводилась на полигоне из гладкоствольного ружья Remington 870 Express калибра 12/76 патронами, снаряженными дробью 00 (диаметр 4,5 мм). Для видеосъемки были задействованы две видеокамеры, расположенные: одна перпендикулярно траектории полета снаряда, напротив бетонной плиты, а другая со стороны дульного среза оружия под углом 45 градусов к линии прицеливания. Скорость съемки составляла 2000 кадров в секунду. Марка видеокамер и их характеристики в публикации не приведены.

В серии выстрелов были обеспечены углы встречи дробового снаряда с поверхностью плиты в 5, 10, 20 и 30 градусов. Максимальный угол отражения около 11 градусов был зафиксирован при угле встречи в 30 градусов (фото 1).

Анализ результатов эксперимента показал, что при контакте дроби с поверхностью плиты происходит их пластическая деформация, необратимо изменяющая первоначальную сферическую форму. При

этом возможно соединение отдельных дробинок посредством холодной сварки при их столкновении друг с другом и плитой. В данном случае процесс сварки обеспечивается энергией двух дробинок, когда одна из них ударяется о вторую, а бетонная плита при этом действует как наковальня. Кроме того, экспериментально было опровергнуто предположение о том, что в механизме рикошета дробинок имеет место эффект «бильярдного шара», при котором они подвергаются упругой деформации [9].

Люсьен Хааг (Lucien Haag) объяснил отсутствие пуль на месте происшествия при наличии характерных огнестрельных повреждений на преградах.

Результаты экспериментальной стрельбы по мишеням из твердых материалов (каменные и стальные плиты) с последующим покадровым анализом высокоскоростной съемки (камера Photron FASTCAM, скорость съемки от 30000 до 40000 кадров в секунду) продемонстрировали, что относительно мягкие безоболочечные свинцовые пули существенно деформируются и фрагментируются при столкновении с твердой преградой под практически прямым углом с но-

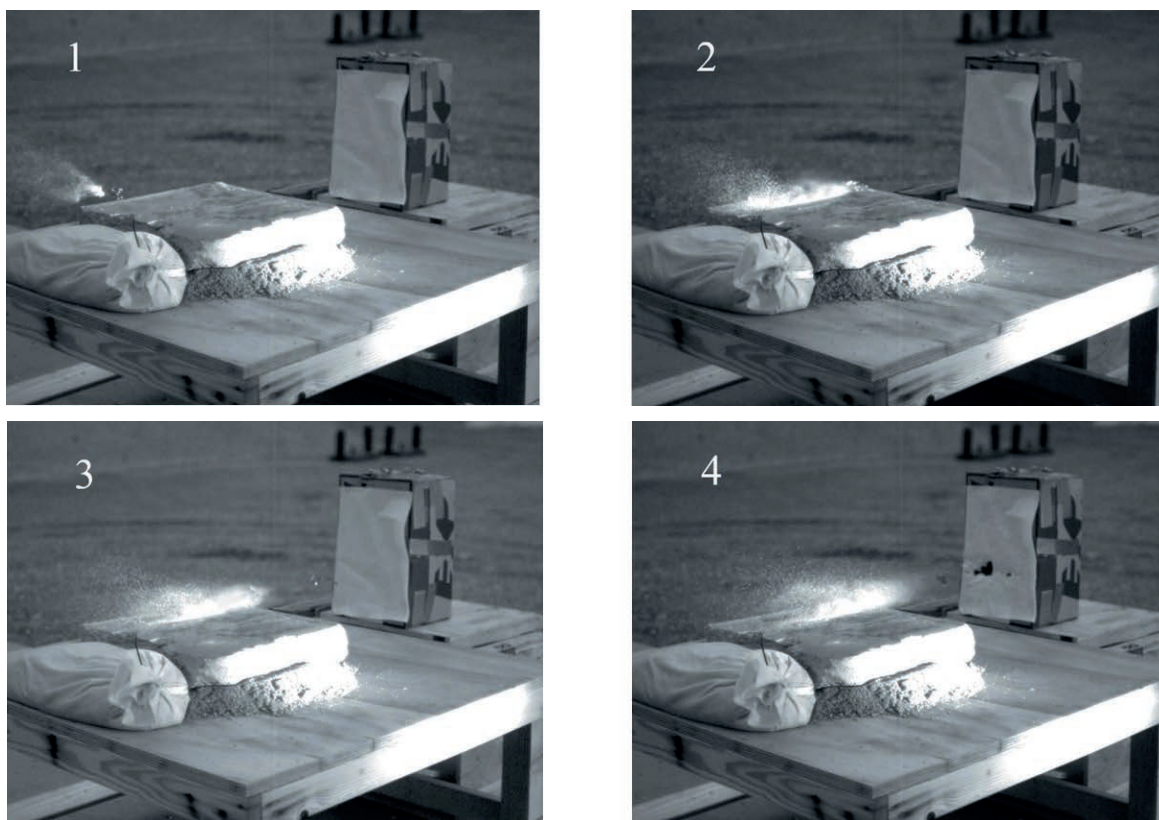


Фото 1. Выстрел с углом встречи дроби с бетонной плитой 30 градусов и углом отражения 11 градусов

Photo 1. A shot with a 30-degree angle of encounter of the shot with a concrete slab and an 11-degree angle of reflection

минальными скоростями удара от 183 м/с до 213 м/с.

Оболочечные пули с медной оболочкой и свинцовыми сердечниками, а также пули из твердого свинца претерпевают схожие трансформации при скорости удара порядка 244 м/с и выше. Их разрушение является следствием экстремальных перегрузок, испытываемых в очень короткие промежутки времени между первичным контактом с твердой поверхностью и полной остановкой. Эти временные интервалы составляют порядка 15–20 десятитысячных долей секунды (от 0,00015 до 0,00020 с). При этом зафиксированные явления не зависят от калибра, массы и конструкции пули: свинцовые пули калибра .177, выстреленные из пневматической винтовки, и свинцовые винтовочные пули калибра .50 одинаково разрушаются при скорости удара около 183 м/с.

Установленные и проиллюстрированные посредством высокоскоростной съемки факты являются причиной того, что в некоторых случаях при проведении осмотра места происшествия не удается обнаружить пули, хотя имеются признаки использования огнестрельного оружия и показания свидетелей (фото 2). Покадровый анализ видеосъемки позволил рассчитать среднюю силу перегрузки, действующую на экспериментальные пули.

Совершенно иная картина наблюдается, когда те же самые пули с аналогичной скоростью проникают на некоторую глубину, наталкиваясь на преграду (почву, дерево, биологическую ткань), и остаются практи-

чески неповрежденными. В этой ситуации временной интервал, необходимый для полной остановки пули, гораздо больше и, следовательно, перегрузка, действующая на головную часть пули, намного слабее. Помимо этого, во многих случаях (например, при попадании в землю или дерево) ведущая часть пули поддерживается средой, через которую она движется. По этой же причине пуля не расширяется при движении по каналу ствола, где она испытывает достаточно большие перегрузки.

Полученные видеоматериалы позволяют понять, почему после столкновения с твердыми предметами пули иногда остаются относительно целыми. Подобные находки означают, что они достигли преграды со значительно уменьшенной скоростью. Две наиболее вероятные причины снижения скорости удара – это дальний выстрел (десятки или сотни метров) либо снижение скорости при прохождении через промежуточный объект, например, тело жертвы. В последнем случае вероятен вторичный удар с отклонением от начальной траектории; также необходимо учитывать возможность образования следов от первичного контакта в головной части пули, которые проявляются в виде волокон одежды, частиц кости и т. п. [10].

Механизм образования необычного огнестрельного повреждения ткани был продемонстрирован посредством использования высокоскоростной видеокамеры в работе Александра Джейсона (Alexander Jason).

При прохождении пули через ткань вокруг повреждения формируется поясok обтирания, который обнаруживается ви-



Фото 2. Кадры разрушения оболочечной пули калибра .38 (9,0 мм). Скорость удара 152 м/с, время от начала контакта до полной остановки 0,000150 сек, перегрузка $105 \times 10^3 \text{ g}$

Photo 2. Footage of the destruction of a shell bullet of caliber .38 (9.0 mm).

The impact velocity is 152 m/s, the time from the start of contact to a complete stop is 0.000150 seconds, the overload is $105 \times 10^3 \text{ g}$

зуально и посредством применения химических методов анализа. Кроме того, при пробивании снарядом ткани может образовываться большое количество разорванных волокон, направленных, в большинстве случаев, по ходу его движения. Это справедливо, когда огнестрельное повреждение образовано на ткани, не прилегающей к телу пострадавшего. В противном случае волокна могут перемещаться в направлении, противоположном движению пули, что и было продемонстрировано экспериментально (фото 3).

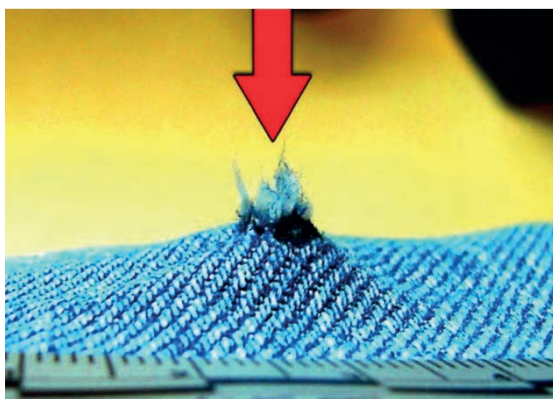


Фото 3. Входное огнестрельное повреждение на ткани. Стрелкой показано направление движения пули. Волокна направлены наружу по причине коллапса временной полости в мишени (желатиновом блоке)

Photo 3. An entrance gunshot wound on the fabric. The arrow shows the direction of movement of the bullet. The fibers are directed outward due to the collapse of the temporary cavity in the target (gelatin block)

Природа этого феномена следующая. При пробивании ткани пуля сначала продавливает и разрывает волокна, а затем протягивает их по направлению своего движения. При ее вхождении в тело образуется временная пульсирующая полость, в которую проникает атмосферный воздух, а вместе с ним втягиваются и волокна ткани. Такая полость существует всего несколько тысячных долей секунды и затем схлопывается. Этот процесс сопровождается одновременным вытеснением из нее воздуха и возвращением ткани к первоначальной форме. Коллапс временной полости с силой выталкивает воздух из входного отверстия, который направляет свободные волокна наружу, изменяя их прежнее направление (фото 4).

Результаты эксперимента наглядно демонстрируют, что при решении вопроса о направлении выстрела не следует ориен-

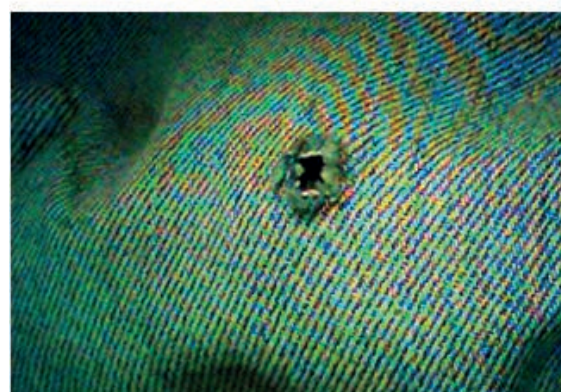
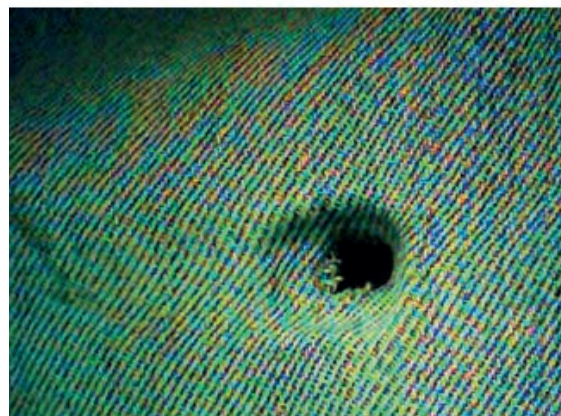


Фото 4. Кадры высокоскоростной съемки (сверху вниз): приближение 9 мм оболочечной пули к мишени (покрытый тканью желатиновый блок); входное отверстие сразу после вхождения пули в мишень; выталкивание волокон ткани наружу после коллапса временной полости

Photo 4. High-speed shooting frames (from top to bottom): the approach of a 9 mm shell bullet to the target (a gelatin block covered with a cloth); the entrance hole immediately after the bullet enters the target; the ejection of tissue fibers outside after the collapse of the temporary cavity

тироваться исключительно на направление волокон поврежденной ткани. Факт того, что такие выступающие волокна часто наблюдаются вокруг входного пулевого отверстия, противоречит здравому смыслу, но использование их в качестве признака направления выстрела, при отсутствии другой критически важной информации, недопустимо и может привести к серьезной ошибке. Всегда необ-

ходимо учитывать другие факторы: наличие или отсутствие какого-либо материала, прилегающего к ткани, либо близость предмета одежды к другим объектам, которые могут влиять на ориентацию волокон относительно направления движения пули [11].

Результаты эксперимента по визуализации с помощью высокоскоростной съемки временной пульсирующей полости и распространения ударных волн в баллистическом желатине представлены в публикации немецких судебных экспертов.

В работе была протестирована возможность применения метода фотоупругости³ для анализа механизма кратковременного действия ранящего снаряда, проходящего через биологические ткани и вызывающего изменения их физико-морфологических свойств вдоль раневого канала. В качестве имитатора человеческих тканей был выбран баллистический желатин, который часто используется в судебной баллистике и судебной медицине.

Для экспериментальной стрельбы обычная установка для отстрела оружия была дополнена линейным поляризационным фильтром и высокоскоростной камерой. Модель камеры в публикации не указана, но отмечено, что скорость съемки составляла 10000 кадров в секунду. Стрельба в желатиновые блоки производилась из пневматического пистолета калибра 4,5 мм пулями типа «Диаболо». Средняя скорость пуль составила 140 м/с, кинетическая энергия – 4,5 Дж, глубина внедрения в желатин – около 70 мм.

С помощью модифицированной указанной установкой были получены кадры визуализации ударной волны (фото 5) и распределения напряжений в желатиновой мишени при попадании в нее снаряда (фото 6).

По результатам проведенного эксперимента был сделан вывод, что метод фотоупругости может применяться при проведении исследований в раневой баллистике для визуализации процесса огнестрельного повреждения и оценки подобных повреждений в человеческом теле. Кроме этого, он может быть полезен при исследовании распределения напряжений и ударных волн, которые образуют различные типы снарядов при поражении тела [12].

³ Фотоупругость – это экспериментальный метод визуализации и определения распределения напряжений в определенных прозрачных материалах, который используется в области машиностроения для обнаружения тех областей на нагруженных строительных элементах, где могут возникнуть концентрации напряжений.

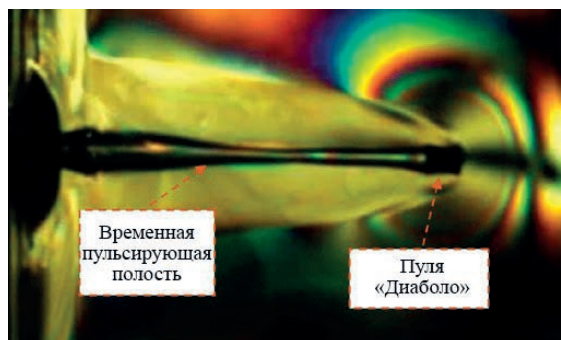


Фото 5. Ударная волна в поляризованном свете при прохождении пули в желатиновом блоке
Photo 5. A shock wave in polarized light when a bullet passes through a gelatin block

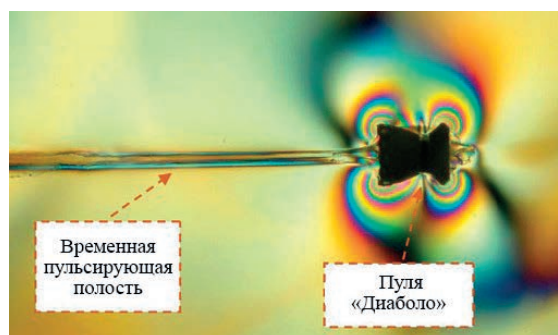


Фото 6. Линии напряжений в поляризованном свете
Photo 6. Voltage lines in polarized light

Кроме особенностей контакта снарядов с преградами и визуализации явлений раневой баллистики, высокоскоростная съемка позволяет исследовать особенности механизма образования следов оружия на гильзах, который достаточно подробно изучен и описан в судебной баллистике. Тем не менее возможности высокоскоростной съемки позволяют выявлять и иллюстрировать интересные особенности формирования следов. Результаты подобного исследования были изложены в публикации, подготовленной американскими судебными экспертами на основе изучения следов на гильзах от крышки ствольной коробки карабина «Сайга» (7,62 x 39 мм), а также анализа износа слеодообразующей поверхности этой детали при многократном использовании оружия.

Причиной проведения этого исследования стали события, произошедшие в первой половине 2017 года в Сиэтле (США), когда имели место несколько инцидентов с применением огнестрельного оружия. При осмотре мест происшествий было изъято более 200 гильз, стреляных в 7,62-мм карабине «Сайга». По мнению авторов публикации, микрорельеф в следах бойка и патронного упора на гильзах, стреляных в автоматах

АК-47 и АКМ, а также в оружии, изготовленном на их основе (в частности, карабине «Сайга»), малоинформативен, и это послужило основанием поиска дополнительных следов, которые можно использовать для идентификации оружия. Таковыми были признаны следы крышки ствольной коробки, образующиеся на корпусах стреляных гильз, часто имеющие выраженный и устойчивый микрорельеф.

При проведении экспериментов из карабина «Сайга» было отстреляно 200 патронов 7,62 x 39 мм (100 патронов с латунными гильзами и 100 патронов со стальными гильзами). Фиксация процесса стрельбы производилась на высокоскоростную видеокамеру Edgertronic SC1 (параметры съемки не приведены).

По результатам изучения характера следов на гильзах, образованных от удара о



Фото 7. След типа SM (Small Mark) – одиночный линейный след с выраженными крупными особенностями микрорельефа (на 52 латунных гильзах)

Photo 7. SM (Small Mark) type footprint – a single linear footprint with pronounced large microrelief features (on 52 brass shells)



Фото 8. След типа LF (Light Frown) – след, изогнутый в сторону дна гильзы (на 26 латунных гильзах)

Photo 8. LF (Light Frown) type footprint – a trace curved towards the bottom of the shell features (on 26 brass shells)



Фото 9. След типа DS (Deep Smile) – след, изогнутый в сторону дульца гильзы (на 13 латунных гильзах)

Photo 9. Trace type DS (Deep Smile) – a trace curved towards the muzzle of the shell (on 13 brass shells)





Фото 10. След типа SD (Small Dents) – след в виде зазубрины с выраженными крупными особенностями микрорельефа (на 30 стальных гильзах)

Photo 10. An SD (Small Dents) footprint – a notch-shaped footprint with pronounced large microrelief features (on 30 steel shells)



Фото 11. След типа DN (Deep Notches) – глубокая вмятина с выраженными особенностями микрорельефа (на 54 латунных гильзах)

Photo 11. Trace type DN (Deep Notches) – a deep dent with pronounced microrelief features (on 54 brass shells)



Фото 12. Кадры видеозаписи, демонстрирующие локализацию места и угла взаимодействия гильзы с крышкой ствольной коробки для определенных типов следов

Photo 12. Video footage showing the localization and angle of interaction of the shell with the receiver cover for certain types of traces

край крышки ствольной коробки, они были разделены на шесть групп (фото 7–11). Дифференциация проводилась с учетом локализации места контакта и ориентации гильзы при ударе на основе раскадровки скоростной видеозаписи. При этом было продемонстрировано, что в момент выбрасывания из оружия гильзы взаимодействуют с разными участками окна крышки ствольной коробки (фото 12).

К группе ММ (Multiple Marks) были отнесены 22 гильзы, следы на которых трудно было однозначно причислить к приведенным выше группам. На трех гильзах следы не отобразились совсем.

При микроскопическом исследовании поверхности ребра крышки ствольной коробки были зафиксированы изменения ее морфологии, которые происходят в процессе многократных выстрелов. Они отражаются на характере микрорельефа следов и снижают их идентификационную значимость. Интенсивность износа зависит от материала гильзы, возрастая при стрельбе патронами со стальными гильзами.

Материал гильзы также сказывается на морфологии следов. Следы на стальных гильзах выражены менее четко, чем на латунных, что обусловлено физико-химическими свойствами материалов.

Авторы публикации полагают, что результаты этого эксперимента могут быть полезны при исследовании комплекса следов оружия на гильзах; имеют значение для определения модели оружия, а также для установления фактов применения одного и того же экземпляра при совершении нескольких преступлений. Материал гильзы непосредственно влияет на скорость износа следообразующей поверхности крышки ствольной коробки, что является одним из факторов, который следует учитывать при отождествлении [13].

Отечественный опыт

В нашей стране экспериментальное исследование с применением высокоскоростной съемки проводилось специалистами ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России и Главного государственного центра судебно-медицинских и криминалистических экспертиз Минздрава России. Результаты были опубликованы в «Военно-медицинском журнале» [14].

Актуальность исследования была обусловлена потребностью выяснения ситуации причинения огнестрельных повреж-

дений и их диагностирования в условиях запреградной травмы и рикошета. Это связано с развитием и совершенствованием средств индивидуальной и коллективной защиты, ведением боевых действий в условиях населенных пунктов, причинением огнестрельных повреждений в закрытых помещениях в результате ряда криминальных событий.

Целью исследований было установление механизма фрагментации и распределения осколков огнестрельного снаряда в мишенях (баллистическом геле и бязевой ткани) при выстрелах из карабина «Сайга» охотничьими патронами 5,45 x 39 с пулей FMJ и боевыми патронами 5,45 ПС (7Н6) из автомата АК-74 через лобовые стекла (триплекс) разных моделей современных автомобилей.

В экспериментах были задействованы высокоскоростные видеокамеры Sony RX0 с частотой 1000 кадров в секунду и Phantom VEO710S с частотой 12000 кадров в секунду.

Результаты экспериментального исследования позволили установить механизм формирования запреградного огнестрельного повреждения. После пробития преграды отклонение осколков пули находится в прямой зависимости от величины их кинетической энергии: чем меньше кинетическая энергия осколка, тем больше его отклонение от первоначальной траектории полета снаряда. Было установлено, что:

- фрагменты разрушенной оболочки пули, частично расплавленные ее части и множественные расплавленные частицы свинцового сердечника пули (образующиеся в эрозивную фазу) имеют наибольшую потерю скорости, что вызывает их максимальное отклонение в сторону нормали; они формируют огнестрельные каналы длиной 2–5 см без временной пульсирующей полости (фото 13);

- донная часть пули, представленная большей частью оболочкой, теряет минимальное количество кинетической энергии, формируя наименьшее отклонение от первоначальной траектории полета снаряда; подобные фрагменты формируют сквозные повреждения в баллистическом геле;

- направление движения вторичных снарядов в виде мелких пылевидных частиц вместе с частицами огнестрельного снаряда строго соответствует нормали: оси конусов, описывающих границы выброса вторичных снарядов, перпендикулярны поверхностям поврежденной преграды; дан-

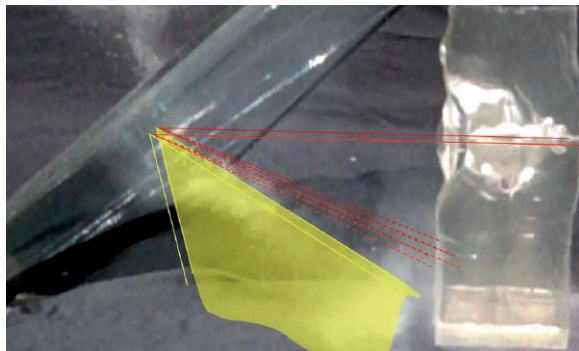


Фото 13. Пробитие триплекса и поражение мишени из баллистического геля пулей охотничьего патрона 5,45 x 39, выстреленной из карабина «Сайга». Сплошная линия красного цвета – траектория полета фрагмента пули, преодолевшего преграду и мишень; пунктирные линии красного цвета – траектории полета мелких осколков пули; сектор желтого цвета – траектории выброса вторичных снарядов

Photo 13. The penetration of a triplex and the hitting of a target made of ballistic gel by a 5.45 x 39 hunting cartridge bullet fired from a Saiga carbine. A solid red line is the flight path of a bullet fragment that overcame an obstacle and the target; dotted red lines are the flight paths of small bullet fragments; a yellow sector is the trajectory of secondary projectiles

ные фрагменты формируют поверхностные повреждения.

Результаты этого экспериментального исследования имеют значение для целенаправленного поиска осколков огнестрельных снарядов или фрагментов преграды при проведении осмотра места происшествия. Понимание механизма образования огнестрельных повреждений в условиях преградной травмы и особенностей распределения осколков огнестрельного снаряда и вторичных снарядов важно для судебной медицины, поскольку позволяет выявлять их в телах пострадавших лиц посредством применения традиционных недорогостоящих рентгенологических методов исследования [14, с. 19].

Высокоскоростная видеокамера Phantom VEO 710S с программным обеспечением PCC (Phantom Camera Control) Version 3.6. используется в отделе трасологической и баллистической экспертизы РФЦСЭ при выполнении комплексных экспертиз для решения вопросов ситуационного характера и в ходе проверки экспертных версий.

В частности, указанная камера использовалась в процессе производства экспертизы при решении вопросов, касающихся определения возможности образования (нескольких) огнестрельных ранений на

теле потерпевшего и механизма деформации пули, обнаруженной на месте происшествия (фото 14–16).

По результатам исследования пули было выдвинуто предположение о том, что деформации были образованы в процессе ее контакта с объектом, твердость которого соизмерима с твердостью материала пули. Об этом свидетельствуют различия в морфологии краев участков деформации (один из противоположных краев сглажен, на другом наблюдаются наплыв металла над недеформированной поверхностью пули). При этом изначально продольная ось пули была сонаправлена с траекторией ее полета. При некоторых условиях, например после встречи с преградой, пуля может продолжать движение по начальной траектории, но при этом продольная ось пули уже не будет совпадать с траекторией. Подобное явление наблюдается, в том числе при образовании раневого канала в теле человека.

По результатам экспертизы был сформулирован вывод о том, что огнестрельные повреждения на предметах одежды и раны на теле, а также повреждение на стене дровяника (сарая) образованы в результате одного выстрела пулей, обнаруженной на месте происшествия.

Последовательность образования огнестрельных повреждений была определена следующим образом. После вылета из канала ствола пуля двигалась некоторое время в воздушной среде, затем образовала огнестрельные повреждения на куртке и футболке потерпевшего справа, затем – сквозное ранение туловища потерпевшего, далее – повреждения на куртке и футболке слева, затем – повреждения на левом рукаве куртки и футболки, после – сквозное ранение левой руки потерпевшего, затем – огнестрельные повреждения на левом рукаве куртки и футболки, и наконец – повреждение на стене дровяника с рикошетом в сторону бани и падением на грунт в месте, где впоследствии была обнаружена.

Было рассчитано, что с учетом погрешности определения, при условии образования всех огнестрельных повреждений на месте происшествия в результате одного выстрела скорость пули в начальный момент образования огнестрельных повреждений на предметах одежды потерпевшего и огнестрельных ран на его теле составляла около 350 м/с.

Для подтверждения выдвинутых предположений и иллюстрации механизма обра-



Фото 14. Общий вид пули, представленной на исследование
Photo 14. General view of the bullet submitted for research



Фото 15. Деформированная вершинка пули
Photo 15. Deformed bullet tip

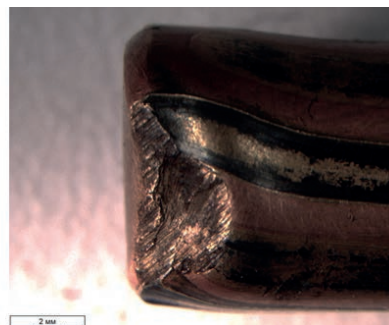


Фото 16. Деформация хвостовой части пули
Photo 16. Deformation of the tail of the bullet

зования участков деформации на представленной пуле и особенностей ее движения после прохождения преграды был проведен эксперимент, в ходе которого использовали указанный выше комплект оборудования для высокоскоростной видеосъемки. Видеосъемка велась с частотой от 12000 до 22000 кадров в секунду с объективом Zeiss Milvus 1.4/50 при использовании светодиодных источников света.

Для экспериментальной стрельбы патроны 7,62 x 39 были переснаряжены полуболочечными пулями (SP) массой 13 г, которые по своим характеристикам и конструкции аналогичны пуле, изъятой с места происшествия. Расчетная начальная скорость выстреленных пуль составляла порядка 350 м/с. Стрельба проводилась в помещении для экспериментальной стрель-

бы из 7,62-мм самозарядного карабина Симонова (СКС) с использованием регистратора скорости полета пули РС-4М.

В качестве мишени использовали препараты, изготовленные из говяжьих костей с мясом и относительно плотно упакованные в тонкостенные пластиковые контейнеры.

Препарат помещали перед пулеуловителем с наполнителем из нити СВМ. Выстрелы производили с расстояния 1,5 м от дульного среза оружия. С помощью высокоскоростной видеосъемки фиксировали прохождение пули через препарат.

В процессе проведения эксперимента и анализа его результатов было установлено следующее.

1. После прохождения препарата ось пули не совпадает с траекторией ее движения (фото 17).

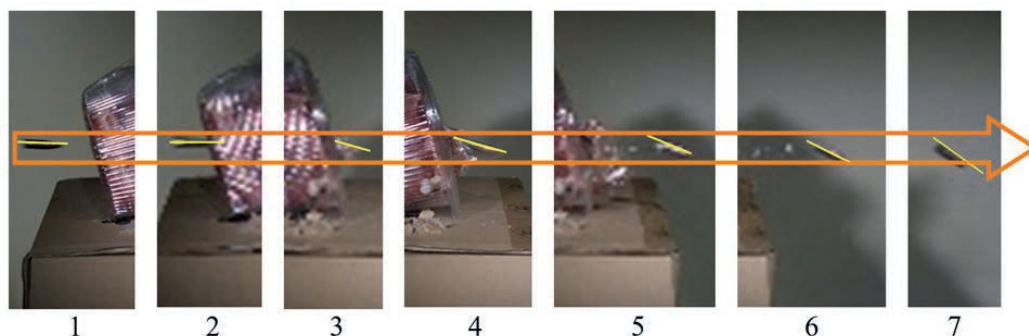


Фото 17. На позициях № 1–7 показано изменение положения оси пули (штрихи желтого цвета) относительно траектории ее движения (стрелка оранжевого цвета) в процессе и после прохождения препарата

Photo 17. Positions No. 1–7 show a change in the position of the bullet axis (yellow strokes) relative to the trajectory of its movement (orange arrow) during and after passing the object

2. На поверхности пули имеются следы контакта с костной тканью, аналогичные установленным на поверхностях участков деформации представленной на исследование пули (фото 18).



Фото 18. Следы контакта с костной тканью на вершинке экспериментальной пули

Photo 18. Traces of contact with bone tissue on the tip of the experimental bullet

Результаты эксперимента подтвердили предположение о том, что при скорости около 350 м/с в процессе образования раневого канала, участками которого являются, в том числе кости, пуля не разрушается, но теряет сонаправленность своей оси и траектории движения, и на ее поверхности образуются следы контакта с костной тканью. Благодаря использованию комплекта оборудования для высокоскоростной видеосъемки была подтверждена изначальная версия, описывавшая образование участков деформации на представленной пуле и последовательность появления огнестрельных повреждений на теле потерпевшего и элементах вещной обстановки на месте происшествия. Также был получен качественный фото- и видео материал, иллюстрирующий результаты экспертного исследования.

люстрирующий результаты экспертного исследования.

В рамках другой экспертизы комплект оборудования с высокоскоростной цифровой видеокамерой использовался для получения иллюстрационных материалов, необходимых для ответа на вопрос об отсутствии следов близкого выстрела на теле и одежде потерпевшего с учетом показаний свидетеля и обстановки на месте происшествия.

Для этого из переделанного кустарным способом для стрельбы патронами 5,45 x 18 газового пистолета ИЖ-78-7,6, оснащенного самодельным глушителем звука выстрела, осуществлялась экспериментальная стрельба. Выстрелы производились как с использованием глушителя, так и без него. Видеосъемка велась с частотой 12000 кадров в секунду при использовании светодиодных источников света.

В результате анализа полученных видеозаписей экспериментальных выстрелов было установлено, что при выстреле из пистолета с глушителем скорость истечения газо-пороховой струи снижается глушителем звука выстрела, имеющим в своей конструкции расширительные камеры и obturator. Вслед за покинувшей канал ствола и глушитель пулей незначительная часть газо-пороховой струи истекает за передний срез глушителя и распространяется на расстояние до 0,2 м от него с относительно невысокой скоростью и интенсивностью (фото 19).

При выстреле из пистолета без глушителя газо-пороховая струя вслед за покинувшей ствол пулей с высокой скоростью и интенсивностью распространяется на зна-



Фото 19. Кадр высокоскоростной видеосъемки, на котором иллюстрируется распространение газо-пороховой струи при выстреле из пистолета с использованием глушителя (пуля покинула канал ствола и глушитель, затвор движется назад)

Photo 19. A high-speed video frame illustrating the propagation of a gas-powder jet when fired from a pistol using a silencer (the bullet left the barrel and the silencer, the shutter moves backwards)

чительное расстояние, превышающее 1 м от дульного среза оружия (фото 20).

На основе результатов проведенного эксперимента были сделаны следующие выводы:

- при условии применения пистолета с глушителем признаки воздействия газопороховой струи могут наблюдаться при стрельбе до 0,2 м от переднего среза глушителя;

- при условии применения пистолета без глушителя признаки воздействия газопороховой струи могут наблюдаться при стрельбе до 1,0 м от дульного среза пистолета.

Таким образом, с помощью высокоскоростной видеокамеры был наглядно проиллюстрирован вывод о том, что причина отсутствия признаков воздействия газопороховой струи в области огнестрельных повреждений на одежде потерпевшего и огнестрельной раны на его голове заключается в особенностях распространения пороховых газов при выстрелах из оружия, оснащенного глушителем звука выстрела.

Помимо производства экспертиз комплект оборудования для высокоскоростной видеосъемки используется в научных исследованиях. Например, он был задействован в эксперименте по изучению особенностей движения дроби на дистанции до 1 м при выстрелах из гладкоствольного оружия с разными дульными сужениями. Проведение данного исследования было обусловлено необходимостью определения возможности использования регистратора скорости полета пули РС-4М для получения

объективных данных при измерении скорости дробовых снарядов.

По существующей гипотезе, на дистанции около 1 м дробовой заряд, по факту являющийся полиснарядом, не успевает существенно рассеяться, и поэтому его можно условно рассматривать в качестве моноснаряда⁴. Это позволит на основе измеренной скорости дроби производить расчет ее удельной кинетической энергии по формулам для моноснарядов. При этом для расчета диаметр дробового заряда приравнивается к диаметру дульного среза оружия.

В проведенном эксперименте стрельба производилась из гладкоствольного ружья 12 калибра Winchester 1300 Defender со сверловкой ствола «цилиндр» и двуствольного ружья 12 калибра ТОЗ-66 со стволами, имеющими сверловку «получок» и «чок». Для стрельбы использовались патроны калибра 12/70, снаряженные дробью № 4, как с использованием полимерных контейнеров, так и без них. Видеосъемка велась с частотой 24000 кадров в секунду с объективом Zeiss Milvus 1.4/35.

Состояние элементов снаряжения дробовых патронов в движении на дистанции 0,6 и 1,0 м от дульного среза оружия при стрельбе из стволов с разной сверловкой иллюстрируют фото 21–26.

⁴ Измерение скорости полета пуль при проведении экспериментов, выполняемых в ходе производства судебно-баллистических экспертиз, осуществляется на дистанции 1 м от дульного среза оружия.



Фото 20. Кадр высокоскоростной видеосъемки, на котором иллюстрируется распространение газопороховой струи при выстреле из пистолета без глушителя (пуля покинула канал ствола, затвор движется назад)

Photo 20. A high-speed video frame illustrating the propagation of a gas-powder jet when fired from a pistol without a silencer (the bullet left the barrel, the shutter moves backwards)

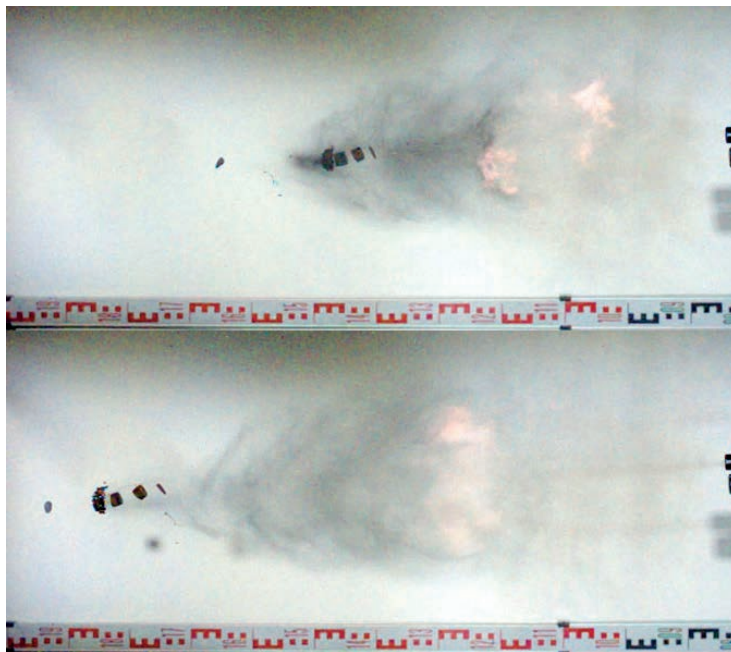


Фото 21. Сверловка ствола цилиндр, дробь без контейнера, дистанция: 0,6 м (вверху), 1,0 м (внизу)
Photo 21. Barrel drilling cylinder, shot without container, distance: 0.6 m (top); 1.0 m (bottom)

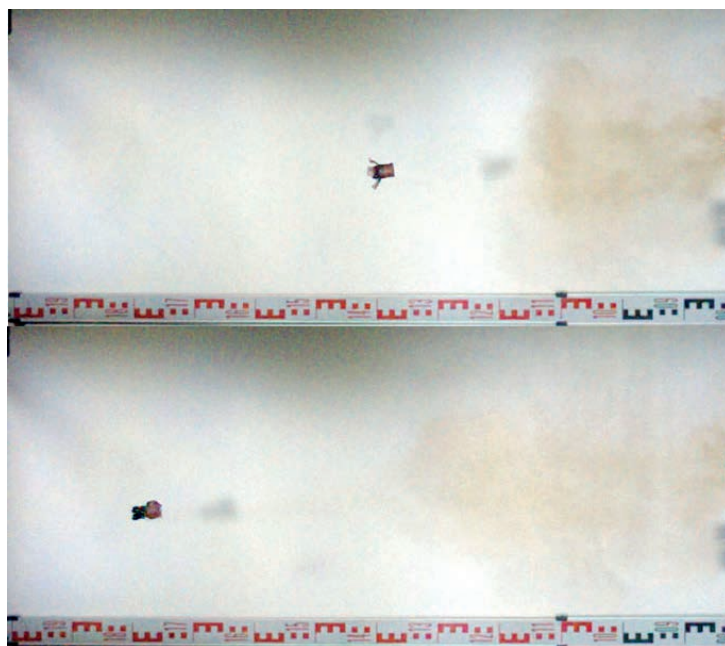


Фото 22. Сверловка ствола цилиндр, дробь с контейнером, дистанция: 0,6 м (вверху), 1,0 м (внизу)
Photo 22. Barrel drilling cylinder, shot with container, distance: 0.6 m (top), 1.0 m (bottom)

Как видно из представленных кадров видеосъемки, при стрельбе патронами с дробью, снаряженной в контейнер, на дистанции около 0,6 м начинается отделение дроби от контейнера, когда по причине сопротивления воздуха происходит раскрытие лепестков контейнера, что влечет снижение скорости его движения. На расстоянии 1 м от дульного среза оружия дробь и

контейнер уже движутся раздельно. При этом дробь начинает рассеиваться (диаметр осыпи дроби не равен диаметру дульного среза ствола оружия), и контейнер несколько отклоняется от прямолинейной траектории движения.

При выстрелах дробовыми патронами без контейнера элементы снаряжения (прокладки, дробь, пыжи) начинают разделяться

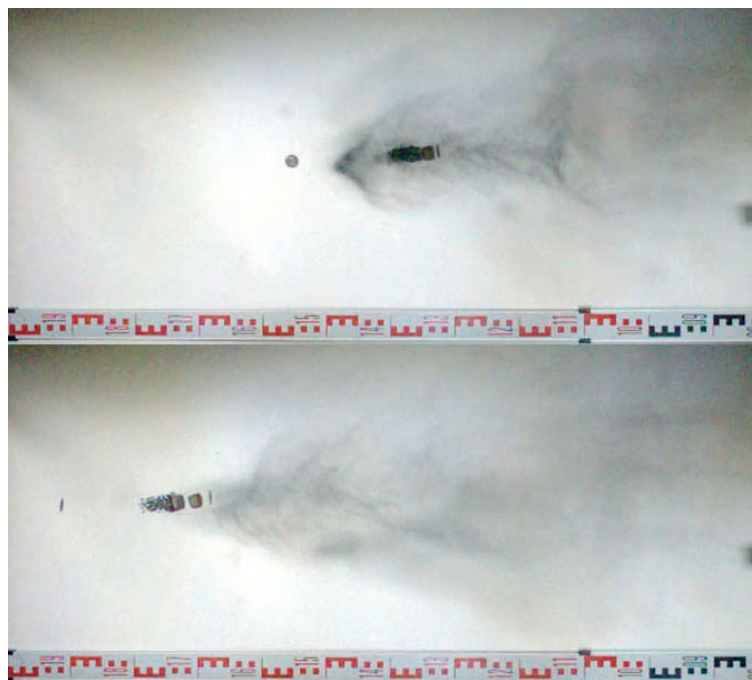


Фото. 23. Сверловка ствола получок, дробь без контейнера, дистанция: 0,6 м (вверху), 1,0 м (внизу)
Photo 23. Drilling of the half-choke barrel, shot without container, distance: 0.6 m (top), 1.0 m (bottom)

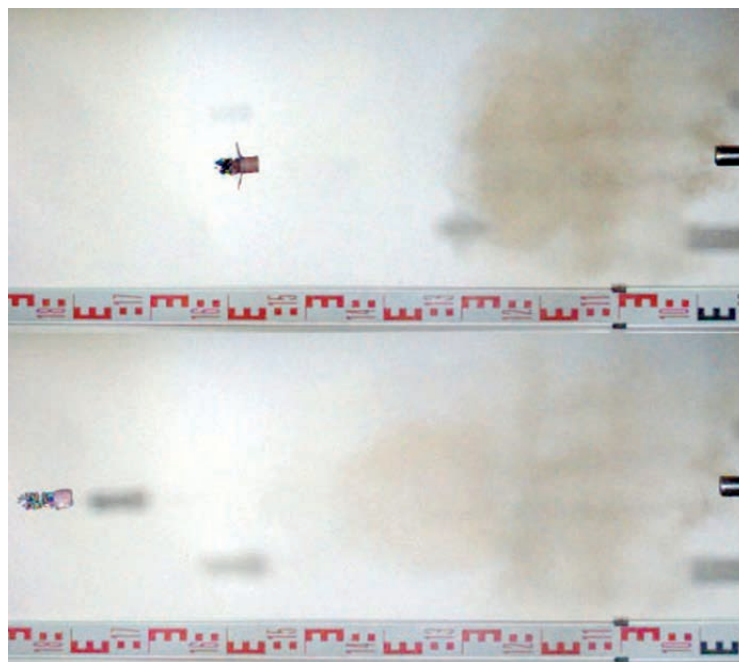


Фото. 24. Сверловка ствола получок, дробь с контейнером, дистанция: 0,6 м (вверху), 1,0 м (внизу)
Photo 24. Drilling of the half-choke barrel, shot with a container, distance: 0.6 m (top), 1.0 m (bottom)

на дистанции около 0,3 м от дульного среза. На расстоянии 0,6 м эта деформация уже явно выражена, а на 1,0 м элементы растягиваются по длине 0,15–0,2 м.

Особенности движения дроби как в контейнерах, так и без них, почти не зависят от вида сверловки ствола оружия.

Выявленная с использованием высокоскоростной видеосъемки специфика движения элементов снаряжения дробового патрона не позволяет производить корректные расчеты на основе измерения скорости (при использовании регистратора скорости полета пули РС-4М). Поэтому изложенная

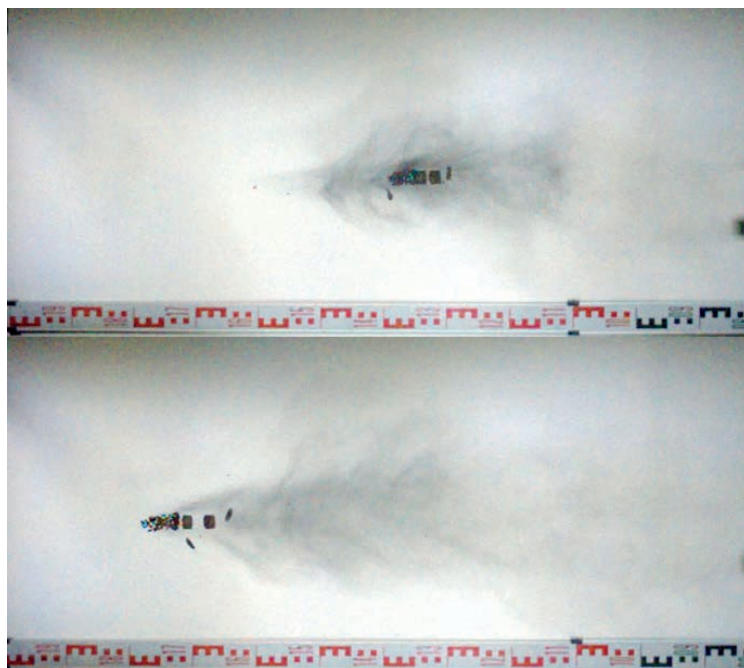


Фото 25. Сверловка ствола чок, дробь без контейнера, дистанция: 0,6 м (вверху), 1,0 м (внизу)
Photo 25. Drilling of the choke barrel, shot without container, distance: 0.6 m (top), 1.0 m (bottom)

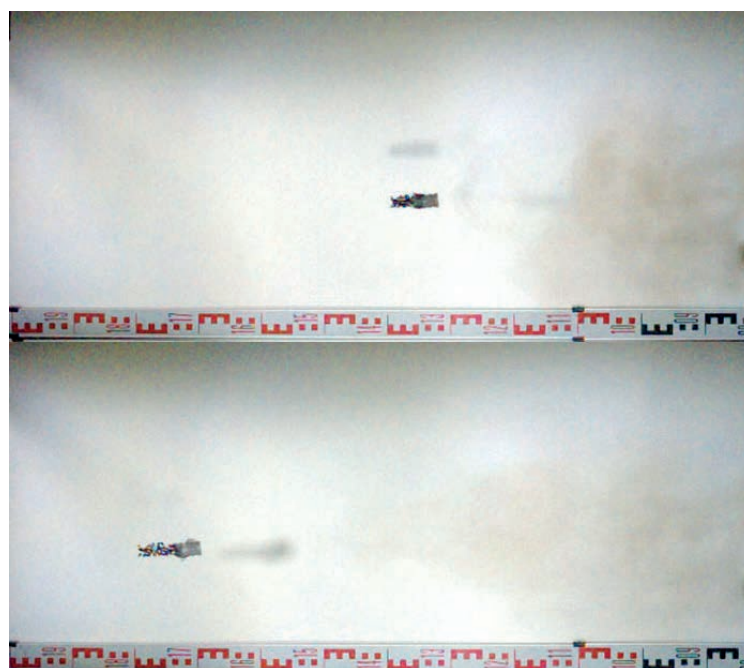


Фото 26. Сверловка ствола чок, дробь с контейнером, дистанция: 0,6 м (вверху), 1,0 м (внизу)
Photo 26. Drilling of the choke barrel, shot with a container, distance: 0.6 m (top); 1.0 m (bottom)

выше гипотеза, положенная в основу расчета удельной кинетической энергии дробового заряда, несостоятельна, а полученные значения не следует считать достоверными и объективными.

Выводы

Анализ научных публикаций, результаты экспертиз и исследований однозначно показывают, что в судебной баллистике вы-

сокоскоростная видеосъемка является эффективным инструментом решения практических задач и научных исследований, поскольку обеспечивает получение информации более высокого уровня, способствующей повышению достоверности и обоснованности получаемых результатов.

Данный вид съемки позволяет фиксировать и демонстрировать механизм и динамику быстро протекающих процессов, что в

ряде случаев имеет принципиальное значение при изучении особенностей полета снаряда и его взаимодействия с преградами различной природы и принципов распределения продуктов выстрела в окружающей обстановке; при определении специфики работы автоматики огнестрельного оружия и т. п. Цифровой формат получаемого изображения позволяет использовать видеокамеру в комплексе с различными программными средствами для обработки получаемого видеоматериала в качестве средства измерения различных параметров быстро движущегося объекта.

Высокоскоростное видео имеет неоспоримые преимущества перед текстовым описанием, а также традиционными криминалистическими методами фото- и видеофиксации, поскольку обеспечивает документальность съемки, наглядность, точность и объективность передачи информации.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что применение метода высокоскоростной видеосъемки целесообразно при производстве экспертиз и проведении научных исследований в судебной баллистике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фишман Р. Остановись, мгновенье // Популярная механика. 2016. № 10. С. 88–91.
2. Петров В.Н., Лепов В.В. Высокоскоростная фотография: история создания и применение // Наука и техника в Якутии. 2017. № 1 (32). С. 63–70.
3. Nakagawa K., Iwasaki A., Oishi Y., *et al.* Sequentially Timed All-Optical Mapping Photography (STAMP) // Nature Photonics. 2014. No. 8. P. 695–700.
<https://doi.org/10.1038/nphoton.2014.163>
4. Illes M., Vreugdenhil A. High-speed Video Analysis of Crown Formation Dynamics of Controlled Weapon-Head Impacts on to Three Surface Types // Canadian Society of Forensic Science Journal. 2017. Vol. 50. No. 2. P. 64–73.
<https://doi.org/10.1080/00085030.2017.1281628>
5. Comiskey P.M., Yarin A.L., Attinger D. High-speed Video Analysis of Forward and Backward Spattered Blood Droplets // Forensic Science International. 2017. Vol. 276. P. 134–141.
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.04.016>
6. Schyma C., Baumann F., Madea B. *et al.* Study of Backspatter Using High-Speed Video of Experimental Gunshots // Forensic Science. Medicine and Pathology. 2021. Vol. 17. No. 1. P. 36–46.
<https://doi.org/10.1007/s12024-020-00326-0>
7. Мин-Вэн Т., Юнг-Чин Д. Исследование процесса разрушения горной породы взрывом с помощью высокоскоростной видеосъемки // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2019. № 4. С. 67–73.
<https://doi.org/10.15372/FTPRPI20190408>
8. Дудин С.В., Сосиков В.А., Торуннов С.И. Взрывная лабораторная установка для цилиндрического сжатия // Физика горения и взрыва. 2019. Т. 55. № 4. С. 146–150.
<https://doi.org/10.15372/FGV20190419>
9. Robertz J. Buckshot Ricochet from Concrete // AFTE Journal. 2007. Vol. 39. No. 4. P. 288–298.
10. Haag L.C. Where are the Bullets? The Explanation for the Lack of Recognizable Bullets or Significant Bullet Fragments at Certain

REFERENCES

1. Fishman R. Stop, Moment. *Popular Mechanics*. 2016. No. 10. P. 88–91. (In Russ.).
2. Petrov V.N., Lepov V.V. High-Speed Photography: History of Creation and Its Application. *Science and Technology in Yakutia*. 2017. No. 1 (32). P. 63–70. (In Russ.).
3. Nakagawa K., Iwasaki A., Oishi Y., *et al.* Sequentially Timed All-Optical Mapping Photography (STAMP) // Nature Photonics. 2014. No. 8. P. 695–700
<https://doi.org/10.1038/nphoton.2014.163>
4. Illes M., Vreugdenhil A. High-speed Video Analysis of Crown Formation Dynamics of Controlled Weapon-Head Impacts on to Three Surface Types. *Canadian Society of Forensic Science Journal*. 2017. Vol. 50. No. 2. P. 64–73.
<https://doi.org/10.1080/00085030.2017.1281628>
5. Comiskey P.M., Yarin A.L., Attinger D. High-speed Video Analysis of Forward and Backward Spattered Blood Droplets. *Forensic Science International*. 2017. Vol. 276. P. 134–141.
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.04.016>
6. Schyma C., Baumann F., Madea B. *et al.* Study of Backspatter Using High-Speed Video of Experimental Gunshots. *Forensic Science. Medicine and Pathology*. 2021. Vol. 17. No. 1. P. 36–46.
<https://doi.org/10.1007/s12024-020-00326-0>
7. Min-Veng T., Yung-Chin D. Investigation of the Process of Destruction of Rock by Explosion Using High-Speed Video. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. 2019. No. 4. P. 67–73. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15372/FTPRPI20190408>
8. Dudin S.V., Sosikov V.A., Torunov S.I. Explosive Laboratory Installation for Cylindrical Compression. *Combustion, Explosion, and Shock Waves*. 2019. Vol. 55. No. 4. P. 146–150. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15372/FGV20190419>
9. Robertz J. Buckshot Ricochet from Concrete. *AFTE Journal*. 2007. Vol. 39. No. 4. P. 288–298.
10. Haag L.C. Where are the Bullets? The Explanation for the Lack of Recognizable Bullets or Significant Bullet Fragments at

- Shooting Scenes // *AFTE Journal*. 2012. Vol. 44. No. 3. P. 196–207.
11. Jason A. Bullet Entry Holes in Fabric: Fibers, Facts, and Fallacies // *AFTE Journal*. 2014. Vol. 46. No. 2. P. 133–137.
 12. Weber M., Baum F., Skarupke B., Weimar B., et al. An Approach for Visualizing the Temporary Stress Distribution and Shock Waves in Ordnance Gelatin by Photoelasticity // *AFTE Journal*. 2016. Vol. 48. No. 1. P. 20–26.
 13. Molt M., Fox S., Smelser B., Wyant R. T., et al. Comparison of Dust Cover Impact Marks on 200 Consecutively Fired Cartridge Cases from a Saiga 7.62 x 39 mm Rifle // *AFTE Journal*. 2022. Vol. 54. No. 2. P. 72–83.
 14. Пинчук П.В., Сухарева М.А., Леонов С.В., Шакирянская Ю.П., Лихачев Н.В., Астапова Н.В., Кузмина В.А. Механизм разрушения огнестрельного снаряда при запреградной травме и топография распределения его фрагментов в теле человека // *Военно-медицинский журнал*. 2022. Т. 343. № 5. С. 16–20.
https://doi.org/10.52424/00269050_2022_343_5_16
 - Certain Shooting Scenes. *AFTE Journal*. 2012. Vol. 44. No. 3. P. 196–207.
 11. Jason A. Bullet Entry Holes in Fabric: Fibers, Facts, and Fallacies. *AFTE Journal*. 2014. Vol. 46. No. 2. P. 133–137.
 12. Weber M., Baum F., Skarupke B., Weimar B., et al. An Approach for Visualizing the Temporary Stress Distribution and Shock Waves in Ordnance Gelatin by Photoelasticity. *AFTE Journal*. 2016. Vol. 48. No. 1. P. 20–26.
 13. Molt M., Fox S., Smelser B., Wyant R. T., et al. Comparison of Dust Cover Impact Marks on 200 Consecutively Fired Cartridge Cases from a Saiga 7.62 x 39 mm Rifle. *AFTE Journal*. 2022. Vol. 54. No. 2. P. 72–83.
 14. Pinchuk P.V., Sukhareva M.A., Leonov S.V., Shakiryanova Yu.P., Likhachev N.V., Astapova N.V., Kuzmina V.A. The Mechanism of Destruction of a Firearm Projectile during a Post-Grad Injury and the Topography of the Distribution of Its Fragments in the Human Body. *Military Medical Journal*. 2022. Vol. 343. No. 5. P. 16–20. (In Russ.).
https://doi.org/10.52424/00269050_2022_343_5_16

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Кокин Андрей Васильевич – д. юр. н., главный государственный судебный эксперт отдела трасологической и баллистической экспертизы ФБУ РФЦСЭ имени профессора А.Р. Шляхова при Минюсте России; профессор кафедры оружейведения и трасологии учебно-научного комплекса судебной экспертизы Московского университета МВД России имени В.Я. Кикотя; e-mail: sbl@sudexpert.ru

ABOUT THE AUTHOR

Kokin Andrey Vasil'evich – Doctor of Law, Chief Forensic Examiner at the Department of Toolmarks and Ballistics Examinations of the Russian Federal Centre of Forensic Science named after professor A.R. Shlyakhov of the Russian Ministry of Justice; Professor of Department of Weapons and Toolmarks Examinations at Educational and Scientific Forensic Complex of Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation; e-mail: sbl@sudexpert.ru

Статья поступила: 30.10.2023
После доработки: 15.12.2023
Принята к печати: 15.01.2024

Received: October 30, 2023
Revised: December 15, 2023
Accepted: January 15, 2024