



фузии низкомолекулярных жидкостей сквозь поверхностный слой кожи. Таким образом, посредством сравнения изменения количества воды в неповрежденной и поврежденной тканях при температуре, соответствующей температуре нагрева ткани в месте контакта, можно определить время возникновения указанного дефекта.

#### Примечания

- <sup>1</sup> См.: Назаров Ю. В., Назаров В. Ю., Исаков В. Д. Медико-криминалистическое исследование огнестрельных снарядов // Судебная экспертиза. 2005. № 4. С.99–103.
- <sup>2</sup> См.: Слуцкий Л. И. Биохимия нормальной и патологически измененной соединительной ткани Л., 1969.
- <sup>3</sup> Там же.
- <sup>4</sup> См.: Weaver J. C., Vaughan T. E., Chizmadzhev Yu. Theory of electrical creation of aqueous pathways across skin

- transport barriers // *Advanced Drug Delivery Reviews*. 1999. № 35. P. 21–39.
- <sup>5</sup> Bulavin L. A., Aktan O. Yu. Problem of the disorder of the membranes in molecular medicine // *Advanced in Molecular Medicine*. 2006. Vol. 2, № 4. P. 161–164.
  - <sup>6</sup> Там же.
  - <sup>7</sup> См.: Булавин Л. А., Актан О. Ю., Забаица Ю. Ф. Вакансии в олигомерных кристаллах // *Высокомолекулярные соединения*. Серия А. 2009. Т. 51, № 9, С.1023–1031.
  - <sup>8</sup> См.: Булавин Л. А., Актан О. Ю. Молекулярні механізми дифузії води в колагеноподібних структурах // *Український фіз. журнал*. 2009. Т. 54, № 6. С. 575–578.
  - <sup>9</sup> Там же.
  - <sup>10</sup> См.: Higgins M. J., Polcik M., Fukuma T., Sader J. E. [at al]. Structured Water Layers Adjacent to Biological Membranes // *Biophysical Journal*. 2006. Vol. 91, № 10. P. 2532–2542.
  - <sup>11</sup> Там же.

УДК 343.98

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПОСТРАДАВШЕГО В МОМЕНТ ВЫСТРЕЛА ПО ПЯТНАМ БРЫЗГ КРОВИ, ВЫБИТЫХ СНАРЯДОМ

В. А. Федоренко, О. А. Царев\*, В. В. Никитин\*\*

Образовательно-научный институт наноструктур и биосистем  
Саратовского государственного университета

E-mail: fed77@yandex.ru

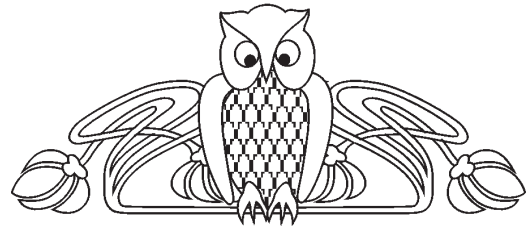
\*Саратовский государственный медицинский университет

E-mail: postmaster(a)med.sgu.ru

\*\*Следственное управление Следственного комитета РФ

по Чувашской Республике, г. Чебоксары

E-mail: nikvit\_84@mail.ru



В работе исследуется погрешность определения положения пострадавшего в момент выстрела по пятнам брызг крови. Показано, что положение пострадавшего на горизонтальной плоскости может быть определено в отдельных случаях с погрешностью  $\pm 2.5$  см.

**Ключевые слова:** выстрел, раневой канал, пятна крови, положение пострадавшего.

#### Definition of Position of the Victim at the Moment of a Shot on Stains of Splashes of the Blood Which Have Been Beaten Out by a Bullet

V. A. Fedorenko, O. A. Tsarev, V. V. Nikitin

This paper investigates the error in the determination of the victim the moment of firing by spots of blood spatter. It is shown that the position of the victim in a horizontal plane can be determined in some cases with an accuracy of  $\pm 2.5$  cm.

**Key words:** shot, wound channel, blood stains, position of the victim.

Актуальной задачей для выяснения обстоятельств происшествия является определение положения пострадавшего в момент выстрела. Данная задача может быть решена путем исследования пятен брызг крови, выбитых снарядом в момент причинения огнестрельного ранения. Впервые эту идею высказал известный ученый криминалист Э. Кноблех. Цель данной работы – оценка погрешности определения положения раневого канала в момент выстрела по методу, предложенному Э. Кноблехом.

Физической основой рассматриваемой методики является выбивание двух конусов брызг крови при пробитии высокоскоростной пулей биологических тканей. Прямой конус брызг (мелких капель) выбивается из выходного отверстия раневого канала, а обратный конус – из входного отверстия этого же канала (рис. 1). Соответственно, на горизонтальной поверхности (например, пол, асфальт и т.п.) останутся пятна



от выбитых пульей брызг крови. В принципе, поверхность может быть не обязательно горизонтальной, а, например, вертикальной (стена) или наклонной.

горизонтальной, а, например, вертикальной (стена) или наклонной.

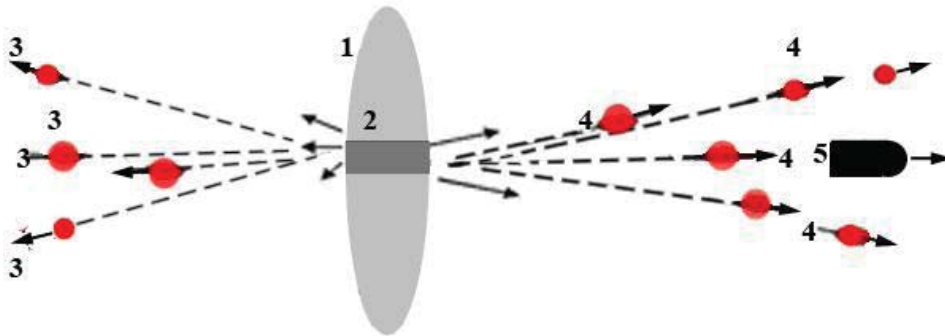


Рис. 1. Выбивание конуса брызг крови пульей: 1 – биообъект; 2 – раневой канал; 3 – брызги крови, образующие «обратный» конус; 4 – брызги крови, образующие «прямой» конус; 5 – пуля

Можно считать, что брызги крови за счет сил поверхностного натяжения имеют форму, близкую к сфере. Геометрические характеристики пятен будут определяться углом встречи каждой капли крови с преградой (рис. 2). Поэтому в первом приближении по своей форме пятна будут близки к овалу или эллипсу. Отношение ширины пятна (CD) к его длине (CE) по значению будет близко к значению синуса угла встречи капли с преградой ( $\varphi$ ):

$$\varphi = \arcsin (CD/CE), \quad (1)$$

где CD – ширина овала, а CE – его длина.

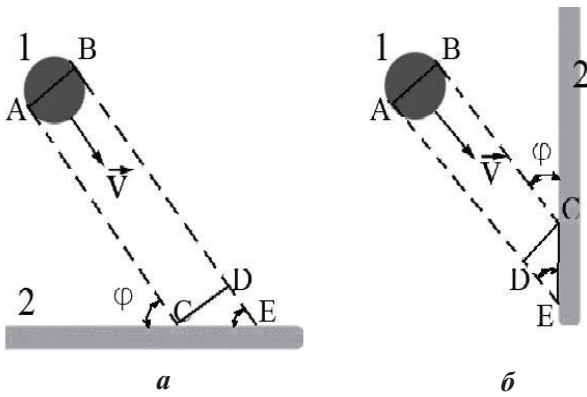


Рис. 2. Падение брызг крови на поверхность: а – горизонтальную; б – вертикальную

Рассмотрим теперь более подробно методику определения положения раневого канала в момент выстрела, основанную на измерении размерных характеристик пятен крови на преграде (рис. 3). Для упрощения материала без потери общности в качестве преграды рассмотрим горизонтальную плоскость. На рис. 3, а показаны возможные траектории полета выбитых пульей частичек крови в горизонтальной плоскости (вид сверху) и вертикальной плоскости (вид сбоку) соответственно.  $\alpha_{обр}$  и  $\alpha_{пр}$  – углы разлета

частичек крови с лицевой стороны биомшени (обратный конус брызг крови) и тыльной (прямой конус брызг) в горизонтальной плоскости. Считаем, что при вылете из раневого канала в начальный момент времени капли крови имеют одну скорость. За счет действия сил гравитации траектория каждой выбитой капли в вертикальной плоскости будет близка к параболической. Частички крови, вылетающие из раневого канала по верхней траектории (рис. 3, б), удалятся от точки вылета на максимальное расстояние и, соответственно, потеряют практически всю горизонтальную составляющую скорости. Поэтому пятна крови от них на горизонтальной плоскости по форме будут близки к окружности. Частицы крови, летящие по траектории, близкой к прямой, будут образовывать на горизонтальной плоскости пятна более вытянутой формы.

На рис. 4, а показана следовая картина, характерная для огнестрельного ранения на месте происшествия. Здесь несколько в идеализированном виде показаны только пятна крови, образовавшиеся от выбитых снарядом брызг крови. Пятна крови от последующего венозного и капиллярного течения на рисунке отсутствуют. Пятно частицы крови, выбитой пульей из имитатора биологических тканей на смачиваемой поверхности, представлено на рис. 4, б. Для описания метода определения места положения в пространстве раневого канала в момент выстрела введем следующие понятия. Прямые, служащие продолжением больших осей овалов пятен крови ( $R_1, R_2, R_3$ , рис. 4), будем называть направлениями вылета капель из входного или выходного отверстия раневого канала.

В идеале, направления вылета всех капель (брызг) обратного и прямого конусов должны пересечься в точках  $S_1$  и  $S_2$  соответственно. Точки  $S_1$  и  $S_2$  будем называть точками схода, они же являются проекциями точек вылета  $C_1$  и  $C_2$

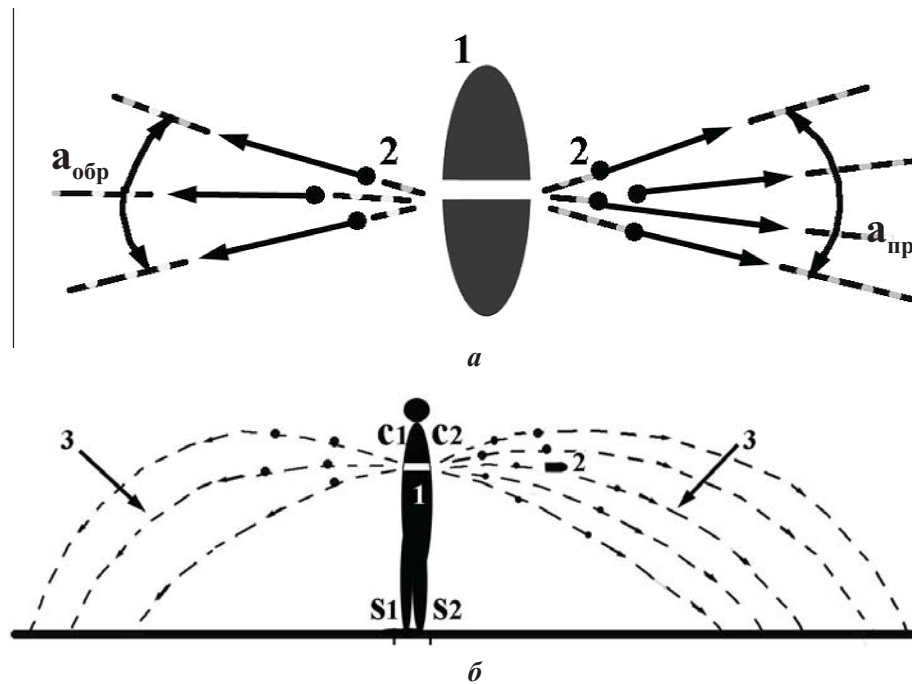


Рис. 3. Формирование прямого и обратного конусов брызг крови при пробитии пулей биомишени: *a* – вид сверху (1 – биомишень, 2 – выбитые брызги крови,  $a_{обр}$  и  $a_{пр}$  – углы разлета брызг крови в горизонтальной плоскости); *б* – вид сбоку ( $C_1$ ,  $C_2$  – точки вылета брызг крови обратного и прямого конуса соответственно (входное и выходное отверстие раневого канала соответственно),  $S_1$  и  $S_2$  – проекции точек вылета  $C_1$  и  $C_2$  на горизонтальную плоскость, 1 – биомишень, 2 – снаряд, 3 – траектории полета выбитых частичек крови)

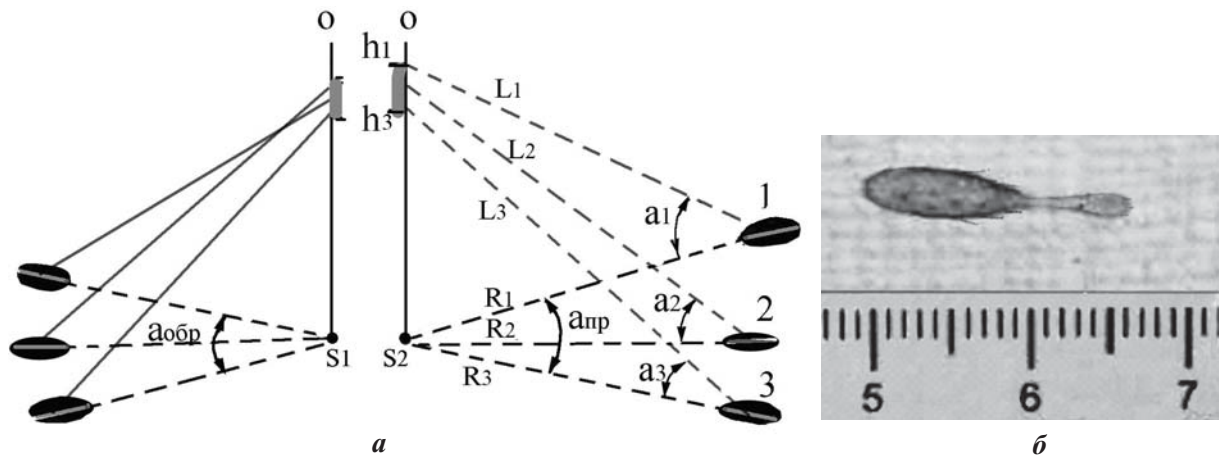


Рис. 4. Пятна брызг крови, выбитых снарядом, на горизонтальной поверхности: *a* – 1, 2, 3 – пятна брызг крови;  $a_{обр}$  и  $a_{пр}$  – углы разлета брызг крови в горизонтальной плоскости;  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  – направления вылета каплей крови;  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  – линии подлета каплей крови к преграде;  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  – углы встречи каплей крови с преградой;  $h_1$ – $h_3$  – интервал высот, на котором располагался раневой канал в момент ранения; *б* – пятно частицы крови, выбитой пулей из имитатора биологических тканей, на смачиваемой поверхности

на горизонтальную плоскость. Отрезки прямых  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  (рис. 4) будем называть линиями подлета каплей крови к преграде. Они получаются следующим образом. Из центра каждого пятна до пересечения с соответствующей осью  $S_1O$  или  $S_2O$  проводится линия под углом, равным углу встречи капли с преградой. Угол встречи для каждого пятна определяется по формуле (1).

Среднее значение координат точек пересечений является наиболее вероятным значением координат точки схода.

Для оценки погрешности определения координат точек схода на горизонтальной плоскости и высоты раневого канала был изготовлен имитатор биологических тканей. Он представлял собой кожаный мешок с помещенным в него



поролоном, обильно пропитанным жидкостью, имитирующей кровь. Жидкость имела кинематическую вязкость, равную вязкости крови  $4.5-8 \text{ мм}^2/\text{с}^2$ . В экспериментальных исследованиях использовалась и донорская кровь. Для исключения тромбообразования к 500 единицам крови добавлялось 500 единиц гепарина. Вышеописанный имитатор биологических тканей, помещенный над бумажным экраном размером  $1 \times 5 \text{ м}$ , на высоте 60 см и 100 см простреливался из пистолета Макарова с дистанции 5 м.

Погрешность метода определялась как квадратичное отклонение от среднего  $\sigma$ , рассчитанное по результатам независимых измерений:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\delta - X_i)^2}{N}}, \quad (2)$$

где  $X$  – истинные координаты положения раневого канала, определяемые после прострела мишени;  $X_i$  – координаты положения раневого канала, определяемые в результате  $i$ -го измерения;  $N$  – число измерений.

Эксперименты, проведенные как с кровью с добавленным в нее гепарином, так и жидкостью с вязкостью, лежащей в пределах  $4.5-8 \text{ мм}^2/\text{с}^2$ , показали следующее: погрешность определения проекции на горизонтальную плоскость места расположения входного и выходного отверстия раневого канала (точек схода) составляет порядка  $\sigma = \pm 2.5 \text{ см}$ , а высоты раневого канала – порядка  $\sigma = \pm 12 \text{ см}$ . Кроме этого, обнаружено, что при повторном простреле мишени из первой пробоины за счет гидродинамического удара выбиваются конусы крупных капель крови. Они могут быть использованы для определения очередности выстрелов.

УДК 662.21

## ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ N-ПАРАФИНОВ НА ДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЛАСТИТОВ

В. Я. Черняк, Л. Ю. Вэргун (О. Ю. Актан)\*, О. А. Недыбалюк

Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко  
\*E-mail: aktanl@univ.kiev.ua, aktanl@yahoo.com

Предлагаются экспериментальные методики по изучению свойств взрывчатых веществ, в состав которых входят n-парафины. Проведена апробация предлагаемых методов на примере  $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$  и  $\text{C}_{22}\text{H}_{46}$ . Показано, что предлагаемая методика может быть использована для оценки детонационной способности вещества.

**Ключевые слова:** взрывчатые вещества, n-парафины, детонация, модуль сдвига.

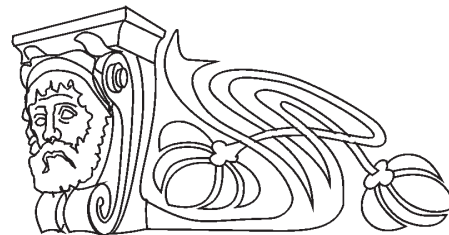
### Influence of the Structure of N-paraffins on the Detonation Properties of Plastic

V. Ya. Cherniak, L. Yu. Vergun (O. Yu. Aktan), O. A. Nedibalyuk

The experimental methods for studying detonation properties of paraffin's based substance is proposed. The schemes of using experimental equipments are shown. The methods approbation for example  $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$  and  $\text{C}_{22}\text{H}_{46}$  were made. It is shown that the proposed method can be used to assess the ability of the detonation of explosives.

**Key words:** explosives, n-paraffins, detonation, the shear modulus.

Как известно, в большинстве случаев для заполнения таких взрывных устройств, как снаряды, гранаты и т. д., используются твердые взрывчатые вещества. Одним из видов этих веществ являются пластиты. Последние представляют собой



смеси, одним из компонентов которых являются n-алканы (парафины) с количеством атомных углеводородных групп от 16 до 26.

С физической точки зрения взрыв представляет собой спонтанное разупорядочение структуры вещества, которое сопровождается выделением значительного количества энергии и образованием ударных волн. Мощность этих волн определяется детонационной стойкостью взрывчатых веществ. Для n-парафинов этот параметр – недостаточная величина при формировании ударных волн, что снижает взрывные способности пластитов<sup>1</sup>.

Как известно, основными факторами, приводящими к взрыву твердого вещества, являются механическое, тепловое, химическое и детонационное воздействия, под влиянием которых в системе возникает нескольких сосуществующих фаз, различающихся степенью своей упорядоченности. Для класса ламеллярных кристаллов, к которым относятся n-парафины, было установлено существование специфических дефектов супервакансий, их количество увеличивается в процессе теплового расширения системы<sup>2</sup>. Ука-