

## РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕРВАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ УГЛА ВСТРЕЧИ ПУЛИ С ПРЕГРАДОЙ ОТ ХАРАКТЕРИСТИК ВХОДНЫХ ПУЛЕВЫХ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ РИКОШЕТА ПРИ ВЫСТРЕЛЕ ИЗ 9-ММ ПИСТОЛЕТА МАКАРОВА

УО «Академия Министерства внутренних дел Республики Беларусь»

---

*На основе метода логистической регрессии построена регрессионная модель зависимости интервального значения угла встречи пули с преградой от следующих характеристик входных пулевых огнестрельных повреждений небиологических мишеней, образовавшихся в результате рикошета при выстреле из 9-мм пистолета Макарова: наличие дефекта ткани, длина участка отложения свинца по краям повреждений и количество частиц свинца на поверхности объекта попадания пули. Основываясь на модели, точность прогноза интервального значения угла составляет 87%.*

**Ключевые слова:** огнестрельное повреждение, пуля, рикошет.

**A. O. Gusentsov**

**REGRESSION MODEL BASED INTERVAL VALUE ANGLE BETWEEN THE BULLET AND A BARRIER ON THE CHARACTERISTICS OF THE INPUT BULLET GUNSHOT INJURIES, RESULTING FROM A RICOCHET WHEN FIRED FROM A 9-MM MAKAROV PISTOL**

*Based on logistic regression regression model is built according to the angle between the interval value bullet with a barrier from the following characteristics of the input bullet gunshot injuries of non-biological targets, resulting from a ricochet when fired from a 9-mm Makarov pistol: defect fabric length of the deposition of lead on the edges of lesions and the amount of lead particles on the surface of an object falling bullets. Based on the model, the accuracy of the prediction interval value of the angle is 87%.*

**Key words:** fire damage, bullet ricochet.

При изучении отечественной и зарубежной криминалистической литературы выявлено небольшое количество исследований условий и механизмов образования рикошета, изменений огнестрельного снаряда и преграды, результаты которых позволяют устанавливать наличие и обстоятельства выстрела с последующим рикошетом на основе изучения изменений огнестрельного снаряда и преграды [3; 4; 9; 10]. Также крайне мало работ по исследованию и системному анализу морфологических признаков и закономерностей образования огнестрельных повреждений тела и одежды в результате рикошета [8]. В то же время, нельзя исключить возможность возникновения ситуации, при которой преграда, от которой предположительно произошел рикошет, не установлена (скрывшийся с места происшествия автомобиль), а пуля – не обнаружена (в связи с попаданием в водоем в результате сквозного ранения). В данном случае основным объектом экспертного исследования будет являться живое лицо либо труп с огнестрельным повреждением.

К настоящему времени в судебно-медицинской науке и практике отсутствует комплекс научно обоснованных дифференциально-диагностических критериев телесных повреждений, образующихся в результате рикошета огнестрельного снаряда, что не позволяет достоверно утверждать о наличии рикошета, а также устанавливать угол встречи пули с преградой.

Цель исследования – разработка регрессионной модели зависимости интервального значения угла встречи пули с преградой от характеристик входных пулевых огнестрельных повреждений, образовавшихся в результате рикошета при выстреле из 9-мм пистолета Макарова.

**Материал и методы**

Для достижения поставленной цели использовались результаты экспериментального исследования, проведенного автором в 2007-2012 гг. на базе лаборатории для отстрела оружия Государственного экспертно-криминалистического центра Министерства внутренних дел Республики Беларусь: произведено 350 выстрелов из 9-мм пистолета Макарова. Выстрелы производились с двух значений допреградного расстояния (ДПР) – между дульным срезом ствола оружия и поверхностью преграды (50см и 100см), трех значений запреградного расстояния – между преградой и экспериментальной мишенью (ЗПР) – 30см, 40см 50см, с 5 значений угла встречи пули с преградой (10°, 20°, 30°, 40°, 50°) [1; 2; 5]. В качестве рикошетирующих

преград нами использовались материалы, наиболее часто встречающиеся в объектах окружающего мира (зданиях, сооружениях, транспортных средствах и т.п.) – кирпич глиняный обыкновенный марки 100, пенобетон марки D600 класса B2,5, бетон марки M350 класса B25, сталь марки Ст45, что находится в соответствии с рекомендациями, изложенными в литературе [7, с. 506], Объектами попадания пули после рикошета (экспериментальными мишенями) являлись бязевые мишени; использование в качестве мишеней указанных объектов, их параметры соответствуют методикам, применяемым в судебно-медицинской науке [6]. Входные огнестрельные повреждения экспериментальных мишеней были подвергнуты комплексному судебно-медицинскому исследованию, в ходе которого применялись следующие методы: визуальный, измерительный, стереомикроскопический, фотографический, исследование в ультрафиолетовых и инфракрасных лучах, контактно-диффузионный, математический.

Огнестрельные повреждения были условно разделены на 2 группы: при наличии одного повреждения либо нескольких, равных или приблизительно равных по размерам они были названы «Основными повреждениями» (ОП); при наличии нескольких повреждений, из которых одно гораздо больше других по размерам, оно было названо «Основным повреждением», а остальные, гораздо меньшие по размерам – «Дополнительными повреждениями» (ДП).

**Результаты и обсуждение**

С использованием метода логистической регрессии была построена регрессионная модель, которая позволяет с точностью 87% прогнозировать интервал угла встречи пули с преградой, а именно, один из двух уровней: 10-20° или 30-50°. Путем пошагового отбора были установлены наиболее значимые независимые параметры регрессионной модели: наличие дефекта ткани в основном повреждении (ОП), длина участка отложения свинца по краям ОП и количество частиц свинца на поверхности объекта попадания пули (дм<sup>2</sup>). Угол встречи пули с преградой, заданный двумя интервалами значений, является зависимым или прогнозируемым параметром модели (табл. 1).

Значение критерия Хи-квадрат (Хи-квадрат=78,16364, p=0,000) является статистически значимым с вероятностью более 99%, что говорит о значимом влиянии вышеописанной комбинации параметров на интервальное значение угла встречи пули с преградой с указанной вероятностью.

**Таблица 1. Коэффициенты регрессии**

Коэффициенты регрессии			
Постоянная уравнения регрессии $B_0$	Наличие дефекта ткани ОП ( $x_1$ ) $B_1$	Длина участка отложения свинца по краям ОП ( $x_2$ ) $B_2$	Количество частиц свинца (дм <sup>2</sup> ) вокруг ОП ( $x_3$ ) $B_3$
-0,925870	-2,45346	1,5877	0,346095
Уравнение регрессии		$Y=B_0+B_1*x_1+B_2*x_2+B_3*x_3$	
Критерий Хи-квадрат		Уровень значимости p	
78,16364		p=0,000	

В связи с тем, что был использован метод логистической регрессии, прогнозное значение интервала угла (вероятность интервала угла) для нового случая рассчитывается следующим образом:

1) первоначально рассчитывается значение  $Y$  по известным входным значениям для  $x_1, x_2, x_3$ .

2) рассчитывается вероятность попадания в интервал значений угла  $P_{\text{прогноз}} = \exp(Y) / (1 + \exp(Y))$

3) При  $P_{\text{прогноз}} > 0.5$  значение угла соответствует интервалу 30-50°, в противном случае – интервалу 10-20°.

Анализируя значения коэффициентов  $B_1, B_2$  и  $B_3$ , можно сделать следующие выводы:

1) С увеличением значений длины участка отложения свинца по краям ОП и количества частиц свинца на поверхности объекта попадания пули ( $\text{дм}^2$ ) угол встречи пули с преградой («Угол встречи») увеличивается.

2) Наличие дефекта ткани соответствует интервалу с меньшими значениями угла.

Основываясь на модели, была получена следующая классификационная матрица с точностью классификации 87%. При расчете матрицы учитывались случаи, для которых были заданы значения каждого из отобранных параметров огнестрельных повреждений (табл. 2).

Таблица 2. Классификационная матрица

Наблюдаемые значения «Угла встречи»°	Прогнозируемые значения «Угла встречи»°		
	10-20	30-50	Точность классификации (%)
10-20	66	13	83,54
30-50	13	110	89,43

Таким образом, разработана регрессионная модель зависимости интервального значения угла встречи пули с преградой от параметров входных пулевых огнестрельных повреждений, образовавшихся в результате рикошета при выстреле из 9-мм пистолета Макарова

#### Выводы

1. С использованием математико-статистических методов изучения результатов комплексного исследова-

ования экспериментальных входных пулевых огнестрельных повреждений, образовавшихся в результате рикошета при выстреле из 9-мм пистолета Макарова, определены наиболее значимые независимые параметры регрессионной модели: наличие дефекта ткани в повреждениях, длина участка отложения свинца по их краям и количество частиц свинца на поверхности объекта попадания пули ( $\text{дм}^2$ ).

2. С использованием метода логистической регрессии построена регрессионная модель, позволяющая с точностью 87% прогнозировать интервал угла встречи пули с преградой: 10-20° или 30-50°.

#### Литература

1. Гусенцов, А. О. Особенности экспериментального моделирования рикошета огнестрельного снаряда / А. О. Гусенцов, Э. В. Туманов, В. А. Чучко // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. Сборник научных трудов. – Минск. – 2012. – № 1 (31). – С. 166-169.
2. Патент на изобретение № 14359 «Установка для моделирования рикошета огнестрельного снаряда в экспериментальных условиях» (зарегистрирован в Государственном реестре изобретений 27.01.2011 г.).
3. Погребной, А. А. Пособие кримиалиста: Установление обстоятельств происшествия по следам рикошета на преградах и пулях: учеб. пособие для вузов. / А. А. Погребной – М., «Приор-издат», 2004. – 112 с.
4. Чугунов, А. М. О возможности определения калибра и модели оружия по следам выстрела на преграде из бронестекла / А. М. Чугунов, А. В. Ситников // Экспертная практика. 2003, - № 54. – С. 47-51.
5. Чучко, В. А. Методика моделирования рикошета в экспериментальных условиях / В.А. Чучко, А.О. Гусенцов // Научно-практич. журнал «Медицинский журнал» – Минск, 2009 – № 1 (27). – С. 108-110.
6. Cecchetto, G. Estimation of the firing distance through micro-CT analysis of gunshot wounds / G. Cecchetto [et al.]. // Int. J. of Legal Med. – 2011. – Vol. 125. – I. 2. – P. 245-251.
7. Hartline, P. C. A Study of Shotgun Pellet Ricochet from Steel Surfaces / P.C. Hartline, G. Abraham, W.F. Rowe // Journ. of Forens. Sc. – 1982. – Vol. 27. – No. 3. – P. 506-512.
8. Hueske, E.E. Bullet Ricochet Phenomena / E.E. Hueske // Practical Analysis and Reconstruction of Shooting Incidents. CRC Press. – 2005. – P. 195-216.
9. Karger, B. Trajectory reconstruction from trace evidence on spent bullets / B. Karger, A. Hoekstra, P. F. Schmidt // Int. J. Legal Med. – 2001. – 115. – P. 16-22.
10. Sellier, K. Verletzungsmöglichkeiten von Geschossen, die an Sand oder Beton abgeprallt sind / K. Sellier // Int. J. Legal Med. – 1976, - Vol. 78, - 2, P. 149-158.