

А. В. Коломийцев, ведучий научный сотрудник Харьковского НИИСЭ, кандидат технических наук,

С. Н. Ларьков, главный технолог ПО «Коммунар», кандидат технических наук

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАВМАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Наведено результати чисельного моделювання процесу обтікання у вільному польоті поверхонь як єдиного уражаючого елемента, так і складеного в умовах їх одномоментного старту із каналу пускового пристрою. Зроблено висновки про доцільність застосування аеродинамічного підходу до процесу криміналістичного дослідження уражаючих елементів травматичної дії та встановлення їх балістичних характеристик.

Приведены результаты численного моделирования процесса обтекания в свободном полете поверхностей как единого поражающего элемента, так и составного в условиях их одномоментного старта из трубчатого канала пускового устройства. Сделан вывод о целесообразности применения аэродинамического подхода к процессу криминалистического исследования поражающих элементов травматического действия и определения их баллистических характеристик.

В связи с широким распространением оружия травматического действия среди населения и участившимися случаями его применения особое значение приобрело исследование аэробаллистических характеристик поражающих элементов травматического действия. Прежде всего такие данные необходимы для решения ситуационных задач судебной баллистики и при проведении комплексных медико-криминалистических исследований, когда приоритетное значение имеют определение дистанции стрельбы, количества выстрелов, их направления, местоположения стрелявшего, поражающих свойств и пробивных способностей пуль травматического действия, а также для установления состоятельности показаний лиц, причастных к происшествию.

Многообразие форм, калибров и вариабельность режимов свободного полета поражающих элементов травматического действия (рис. 1) существенно затрудняет исследование и определение их аэродинамических и баллистических характеристик.

Наиболее эффективным в этой ситуации было бы создание справочной базы данных о различных характеристиках поражающих элементов трав-

матического действия, но это требует проведения достаточно большого объема натурных испытаний и экспериментов, что не всегда возможно.

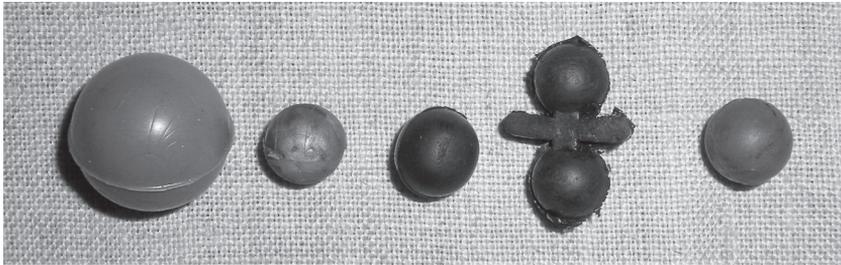


Рис. 1. Общий вид основных видов поражающих элементов травматического действия 16-го калибра (крайний слева) и калибра 9 мм

В настоящее время при аэродинамическом проектировании и формировании облика летательных аппаратов максимальной плотности компоновки с заданными траекторными характеристиками (кинетических снарядов) применяются численные методы моделирования газодинамических процессов обтекания поверхностей объектов при различных начальных условиях и режимах свободного полета. При этом результаты таких теоретических исследований хорошо согласуются с данными экспериментов и обладают достаточно высокой степенью достоверности, что позволяет в некоторых случаях заменить натурные испытания моделированием физических процессов. Целесообразность применения методов численного моделирования для исследования аэродинамических и баллистических характеристик пуль травматического действия можно наглядно продемонстрировать на примере перспективного поражающего элемента.

Выбор аэродинамической схемы поражающего элемента происходил на основе анализа характеристик существующих форм головных частей пуль, применяющихся для снаряжения патронов травматического действия к средствам активной самообороны – пистолетам и револьверам, а также с учетом ограничений, связанных с конструкцией как самих патронов, так и канала ствола. Кроме того, проанализирована статистика применения и эффективности действия по целям поражающих элементов травматического действия.

В результате проведенных теоретических исследований был сформирован облик перспективного поражающего элемента, который представляет собой тело вращения с головной частью в виде затупленного конуса, с цилиндрической ведущей частью и плоской хвостовой частью. Для изготовления снаряда предполагается использовать как традиционные полимерные материалы, так и композитные, в состав которых входят специальные компоненты, позволяющие варьировать массой снаряда без изменения его размеров.

Выбор затупленной головной части был обусловлен стремлением минимизировать проникновение снаряда в ткани биологического объекта. Наличие конусности головной части вызвано условиями входа эластичного снаряда в сужающийся участок канала ствола, наличие которого является обязательным в соответствии с нормативными документами, и необходимым с точки зрения работы автоматики пистолетов. Кроме того, форма головной части эквидистантна форме полости, которая находится в хвостовой части образца. В случае снаряжения патрона двумя и более поражающими элементами с целью увеличения эффективности действия по цели это позволяет существенно сократить общую длину множественного снаряда, который предполагается применять для снаряжения стандартной гильзы патрона травматического действия.

В качестве граничных условий выступают значение скорости полета и удельной кинетической энергии на расстоянии 3,5 м от дульного среза канала ствола (в пределах $V = 300 \pm 30$ м/с и не более $E_{уд.} = 0,5$ Дж/мм²), а также калибр поражающего элемента ($d = 9,0-9,3$ мм). Эти параметры предопределены действующими нормативными актами и техническими условиями на разработку и производство, а также применение специальных средств активной обороны.

Численное моделирование газодинамического процесса обтекания поверхности экспериментального поражающего элемента проводилось на основе метода Ф. Харлоу (Participle-In-Cell – частиц в ячейках), реализованного в программном пакете FloWorks. Этот метод обладает широкими возможностями и позволяет рассчитывать аэродинамические характеристики не только одного, но и нескольких поражающих элементов, одновременно выходящих из канала ствола.

Исследование проводилось с целью определения аэродинамических характеристик как одиночного поражающего элемента (ОПЭ), так и составленных вместе двух поражающих элементов (СПЭ), а также характеристик рассеивания СПЭ, предназначенных для использования в патронах травматического действия калибра 9 мм. Задачей исследования являлось определение их аэродинамических характеристик, а именно:

- характеристик их устойчивости;
- коэффициентов лобового сопротивления в диапазоне скоростей 100–400 м/с;
- аэродинамических сил и моментов, действующих на части СПЭ при различных углах атаки и взаимном расположении;
- характеристик устойчивости частей СПЭ при малых возмущениях;
- величины рассеивания кинетической энергии на траектории полета.

В ходе исследований были получены спектры обтекания ОПЭ при скоростях $V = 100-400$ м/с. Характер обтекания поверхностей экспериментального поражающего элемента в различных режимах полета и влияние его конструктивных элементов при углах атаки 0, 5 и 10 ° и скорости до 400 м/с показаны на рис. 2–5.

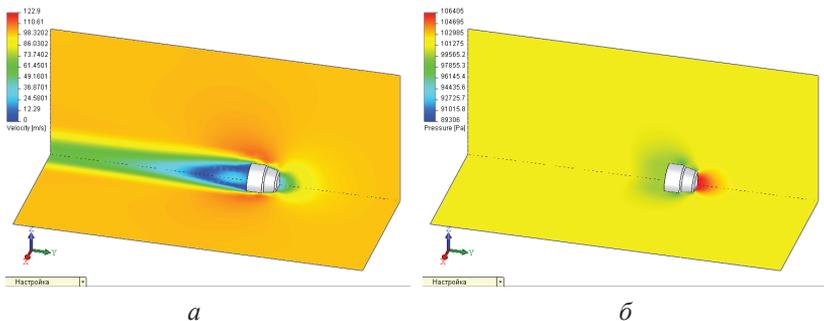


Рис. 2. Поля скоростей ОПЭ (а) и давлений (б) для угла атаки 0° и $V = 100$ м/с

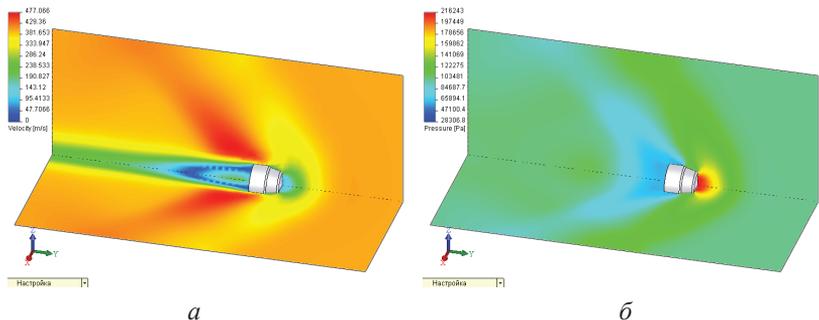


Рис. 3. Поля скоростей ОПЭ (а) и давлений (б) для угла атаки 0° и $V = 400$ м/с

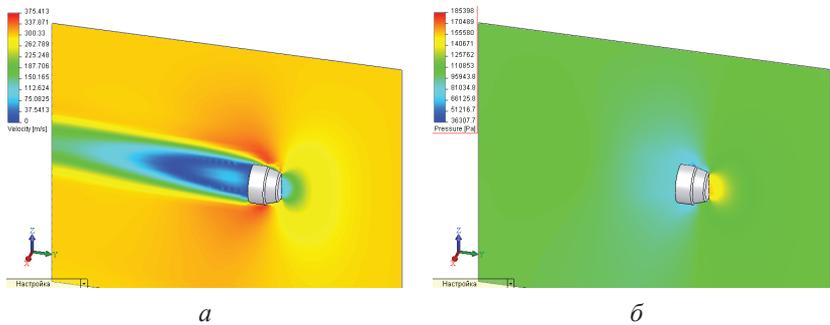


Рис. 4. Поля скоростей ОПЭ (а) и давлений (б) для угла атаки 5° и $V = 300$ м/с

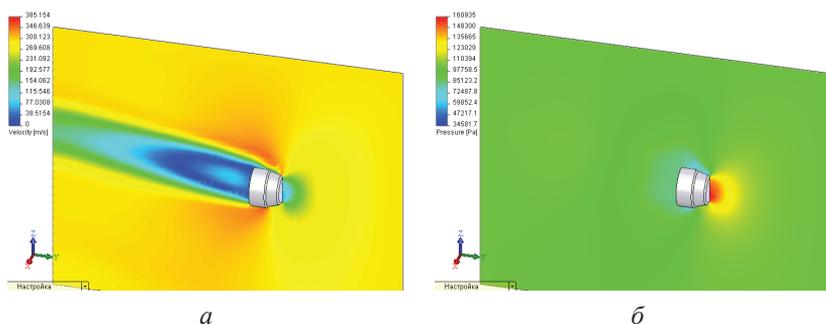


Рис. 5. Поля скоростей ОПЭ (а) и давлений (б) для угла атаки 10° и $V = 300$ м/с

График коэффициента лобового сопротивления (C_x) при дозвуковых и трансзвуковых скоростях приведен на рис. 6.

Равномерный рост коэффициента лобового сопротивления в области дозвуковых скоростей обусловлен тем фактом, что при $d = 9,3$ мм в диапазоне скоростей $V = 100\text{--}300$ м/с число Рейнольдса находится в диапазоне $6 \cdot 10^4\text{--}2 \cdot 10^5$, т. е. с учетом относительной высоты шероховатостей $k_s = 1 \cdot 10^{-3}$ в критическом диапазоне.

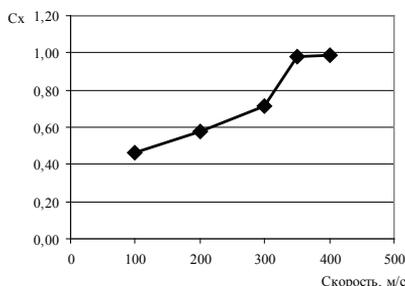


Рис. 6. Коэффициент лобового сопротивления ОПЭ

Рост коэффициента сопротивления в этой области обусловлен турбулизацией пограничного слоя, при этом следует ожидать значительное влияние на параметры турбулентности в погранслое шероховатости и различного рода дефектов поверхности (риски, царапины и т. п.), а также состояния кромок. С учетом низкой нагрузки на мидель ($1,1$ г/см²) этот фактор может привести к увеличению разброса по скорости и снижению кучности. Коэффициенты подъемной силы (C_y) и момента относительно центра тяжести (ЦТ) поражающего элемента (C_m) показаны на рис. 7 и 8 соответственно.

Анализ графиков аэродинамических сил и моментов позволяет заключить, что на больших дозвуковых скоростях движение ОПЭ в невозмущен-

ном потоке устойчиво, запас статической устойчивости составляет порядка 15 %. Тем не менее следует отметить, что обтекание является околосрединным, вследствие чего при торможении ОПЭ не исключено появление смешанных зон обтекания, что может привести к появлению боковых сил и моментов, результатом действия которых станет увод ОПЭ с траектории.

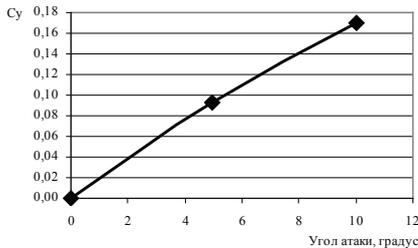


Рис. 7. Коэффициент подъемной силы ОПЭ

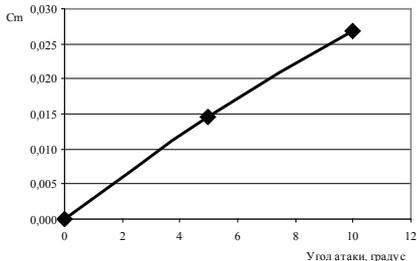


Рис. 8. Коэффициент момента ОПЭ

При варьировании массой ОПЭ были получены значения его скорости полета на траектории. Анализ полученных данных показал, что с учетом ряда ограничений наиболее рациональным значением массы ОПЭ является величина 0,65 г. Характер изменения скорости и кинетической энергии ОПЭ указанной массы приведен в таблице.

Сопоставление этих данных с аналогичными характеристиками для поражающих элементов сферической формы показало, что по характеру падения скорости полета они сопоставимы, что позволяет использовать те же прицельные приспособления, которые были рассчитаны для стрельбы сферическими поражающими элементами, однако по энергетическим характеристикам экспериментальный ОПЭ лучше, чем сферический. График изменения кинетической энергии снарядов представлен на рис. 9.

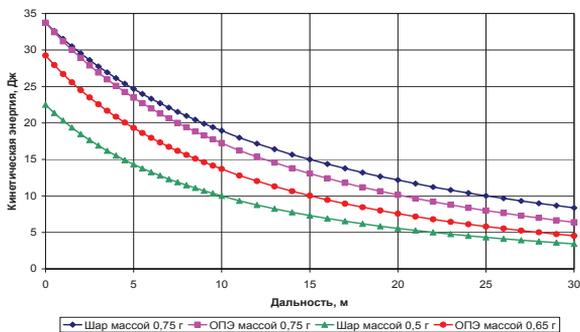


Рис. 9. Характер изменения кинетической энергии поражающих элементов в зависимости от дальности стрельбы

Взаимное влияние частей СПЭ оценивали путем численного моделирования обтекания двух ОПЭ, расположенных друг за другом на расстоянии 6,5 и 7,0 мм в осевом направлении при расстоянии между осями 0,0, 0,5 и 2,0 мм и при углах атаки от -10 до $+10$ °. На рис. 10 показаны спектры обтекания СПЭ для одного из рассмотренных случаев взаимного расположения.

Таблиця

**Параметры траектории поражающего элемента
массой 0,65 г при $V_0 = 300$ м/с**

L , м	V_k , м/с	E_k , Дж	$E_{к,у\theta}$, Дж/мм ²
0	300,000	29,250	0,431
1	286,671	26,709	0,393
2	274,531	24,494	0,361
3	263,478	22,562	0,332
3,5	258,244	21,674	0,319
4	253,291	20,851	0,307
5	243,810	19,319	0,284
6	235,075	17,960	0,264
7	226,928	16,736	0,246
8	219,289	15,628	0,230
9	212,083	14,618	0,215
10	205,376	13,708	0,202
12	192,445	12,036	0,177
14	180,975	10,644	0,157
16	170,625	9,462	0,139
18	161,218	8,447	0,124
20	152,603	7,568	0,111
22	144,651	6,800	0,100
24	137,254	6,123	0,090
26	130,536	5,538	0,081
28	124,211	5,014	0,074
30	118,207	4,541	0,067

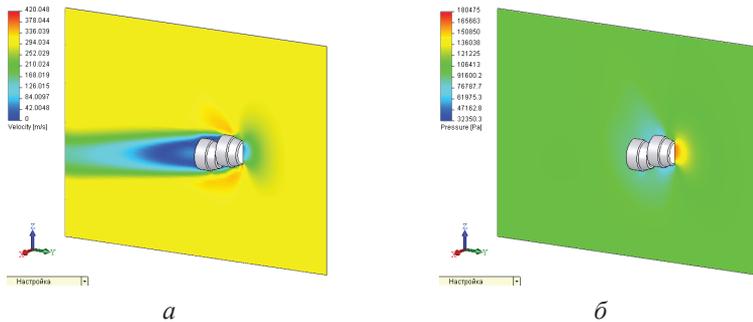


Рис. 10. Поля скоростей СПЭ (а) и давлений (б) при смещении по оси 6,5 мм и расстоянии между осями 2,0 мм для угла атаки -10° и $V = 300$ м/с

На рис. 11–13 приведены графики коэффициентов аэродинамических сил и моментов для СПЭ, полученные для скорости 300 м/с.

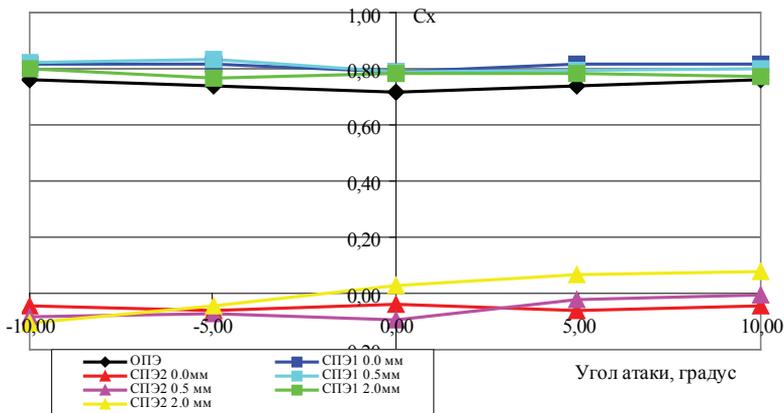


Рис. 11. Коэффициенты сопротивления головного и ведомого поражающих элементов

При некотором уровне возмущений, достаточных для первоначально разведения СПЭ на расстояние порядка 2,0 мм между осями при углах атаки порядка -10° , возникают усилия и моменты, направленные на разведение элементов по траектории. Дополнительно следует заметить, что совместное действие сил аэродинамического сопротивления, действующих на ведущий ОПЭ, и «подсасывающего» усилия, действующего на ведомый ОПЭ, приведет к несимметричному столкновению и соответственно к дальнейшей дестабилизации как ведущего, так и ведомого ОПЭ.

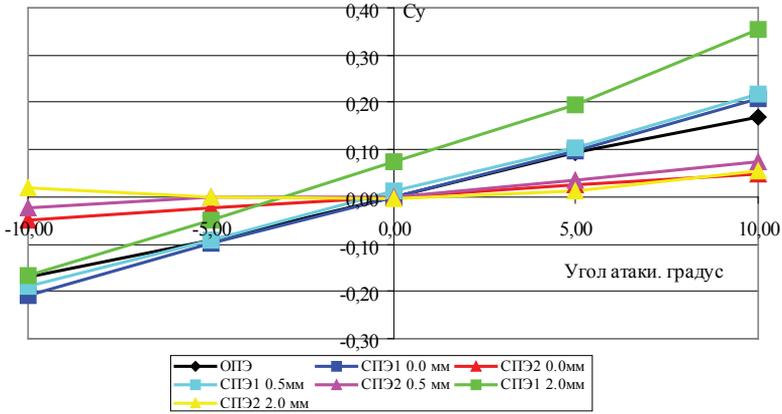


Рис. 12. Коэффициенты подъемной силы головного и ведомого поражающих элементов

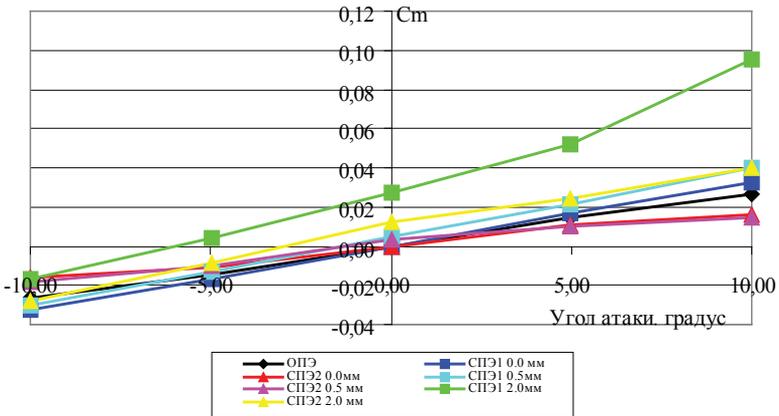


Рис. 13. Коэффициенты момента головного и ведомого поражающих элементов

С учетом изложенного повышенные характеристики рассеивания по сравнению с обычными поражающими элементами могут быть обусловлены влиянием таких факторов:

- неопределенностью перехода от турбулентного обтекания к ламинарному и повышенному разбросу скорости на траектории;
- уводом ОПЭ с траектории под воздействием сил и моментов вследствие смешанного обтекания;
- разбросом ОПЭ при разведении СПЭ.

Отметим, что влияние первого фактора приводит к повышению характеристик рассеивания в вертикальной плоскости, второго – к повышенному разбросу в случайном направлении, а третьего – приведет, вероятно, к появлению выраженной эллипсности поля рассеивания ОПЭ, принадлежащих одному СПЭ, причем большая полуось эллипса рассеивания будет направлена по проекции оси СПЭ в момент разделения.

Проведение исследований, направленных на получение качественной картины обтекания газодинамическим потоком головной и боковой поверхностей экспериментальных поражающих элементов, продемонстрировало правильность выбора расчетной модели и достаточно высокую достоверность полученных с ее помощью данных, благодаря чему достигнута удовлетворительная корреляция результатов натурного и численного экспериментов.

Таким образом, благодаря применению численного моделирования газодинамических процессов стало возможным определять аэродинамические и баллистические характеристики не только экспериментальных, но и уже существующих поражающих элементов традиционной формы. Полученные результаты исследований наглядно продемонстрировали перспективность внедрения в практику судебной баллистики численного моделирования, а также открывающиеся возможности, ранее недоступные при проведении натурных испытаний. Кроме того, следует отметить наглядность полученных данных, реализованных в виде графических файлов, что позволяет получить более достоверную информацию, поднять на более высокий качественный уровень проведение судебно-баллистических экспертиз и научно-исследовательских работ в этой области.

А. В. Кофанов, начальник кафедры криміналістичної техніки Навчально-наукового інституту підготовки слідчих і криміналістів Національної академії внутрішніх справ України, кандидат юридичних наук

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ШЛЯХІВ ВИРІШЕННЯ ДЕЯКИХ СИТУАЦІЙНИХ І ДІАГНОСТИЧНИХ ПИТАНЬ ПРИ СТРІЛЬБІ З КОРОТКОСТВОЛЬНОЇ ЗБРОЇ

Розглянуто теоретичні засади й надано рекомендації щодо вирішення неідентифікаційних (ситуаційних і діагностичних) завдань при проведенні пострілів газовими та шротовими патронами. Значну увагу приділено як основним, так і додатковим слідам пострілу, які не завжди враховуються спеціалістами й експертами для визначення відстані пострілу, а саме: розміру, формі та інтенсивності відкладення на перешкоді гомогенного металу (свинця, міді, сурми).