

УДК 681.5.08

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ БАЛЛИСТИКИ ДЛЯ РАССТАНОВКИ КОНТАКТНЫХ ДАТЧИКОВ В ОПЫТЕ

© Михаил Юрьевич Захаров^{1,2}, Сергей Иванович Герасимов^{2,3}, Римма Валериановна Герасимова², Алексей Викторович Зубанков², Владимир Иванович Ерофеев³, Ирина Александровна Одзерихо^{2,3}, Борис Александрович Яненко²

¹Арзамасский политехнический институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева", Арзамас, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Саровский Физико-Технический Институт (филиал НИЯУ «МИФИ»), Саров, Россия

³Институт проблем машиностроения РАН, Нижний Новгород, Россия

s.i.gerasimov@mail.ru

***Аннотация.** Использование контактных датчиков в аэробаллистическом эксперименте подразумевает их замыкание изучаемым объектом. Однако, при использовании баллистических метательных установок метаемый объект выходит из зоны дульного выхлопа на определенном расстоянии от среза ствола, зависящего от типа метательной установки, ее калибра, величины заряда и пр. Определение этой границы осуществляется расчетным путем, а подтверждение подразумевает отдельный эксперимент с визуализацией всех стадий процесса. В работе приводится теневая схема регистрации для определения границы промежуточной и внешней баллистики, а также, пример, применения этой схемы для конкретной пороховой баллистической установки.*

***Ключевые слова:** аэробаллистический эксперимент, контактный датчик, теневое фотографирование, промежуточная и внешняя баллистика.*

Работа выполнялась при поддержке Российского научного фонда (Грант № 14-19-01637).

DETERMINING THE BORDER BETWEEN NEAR MUZZLE AND EXTERIOR BALLISTICS FOR MAINTAINING THE CONTACT GAGES IN EXPERIMENT

© M.Yu. Zakharov^{1,2}, S.I. Gerasimov^{2,3}, R.V. Gerasimova², A.V. Zubankov², V.I. Erofeev³, I.A. Odzerikho^{2,3}, B.A. Yanenko²

¹Arzamas Politechnical Institute, Arzamas, Russia

²Sarov Physical-Technical Institute, Sarov, Russia

³Mechanical Engineering Research Institute of the RAS, Nizhny Novgorod, Russia

s.i.gerasimov@mail.ru

***Abstract** Applying the contact gages in aeroballistic experiments requires their working at body under study entry. However, the body leaves the near-muzzle zone only at some distance from the gun end that depends on powder charge, type of ballistic device, its caliber, etc. Determining the border between near muzzle and exterior ballistics is carried out with numeral methods. It is checked in a test with a developed shadow technique described in the paper. Example of using the technique for visualizing the shooting stages for a power gun is presented.*

Key words: aeroballistic experiments, contact gage, shadow photographing, near muzzle and exterior ballistics.

Acknowledgements. The work was supported by the Russian Science Foundation, project no. 14-19-01637.

Для проведения измерений скорости полета модели широко применяется метод хронографирования, основанный на измерении моментов срабатывания контактных электрических датчиков. Применение этого метода возможно при условии, что модель опережает воздушный поток и пороховые газы, сопровождающие выстрел из пороховых баллистических установок (пушек). В случае использования легкогазовой баллистической установки, где предусмотрено вакуумирование ствола до остаточного давления порядка 10^3 Па, при выстреле формируется дульный выхлоп, состоящий из воздушной пробки, индуцированной движением метаемого объекта по вакуумированному баллистическому стволу, и рабочего газа, расширяющегося после выхода метаемого объекта за дульный срез и перемешивающегося с воздухом. Скачок уплотнения, формирующийся при выходе воздушной пробки и рабочего газа (водорода) за дульный срез в невозмущенную атмосферу воздуха, является источником дульной ударной волны [1]. Это обстоятельство требует определять границу промежуточной баллистики для эффективного размещения контактных датчиков для хронографирования и запуска регистрирующей аппаратуры. Очевидно, что те же проблемы возникают и при использовании пороховых баллистических установок, где вакуумирование ствола не осуществляется, и где так же требуется знать границу между промежуточной и внешней баллистики для размещения на траектории изучаемого объекта контактных датчиков. Таким образом, эта граница соответствует минимальному расстоянию от среза разгонной установки, начиная с которого объект испытаний движется в невозмущенном воздухе и на пути его движения можно размещать оптические и контактные электрические хронографические регистрирующие системы.

Для определения границы используется теневая схема регистрации при которой изображение, включая оптические неоднородности строится на диффузно-отражающем экране с помощью точечного газоразрядного излучателя и фиксируется в проходящем свете с помощью камеры с электронно-оптическим затвором [2-5].

В данном случае, для регистрации последовательных стадий течения, сопровождающего выстрел из отдельной пороховой баллистической установки с конкретным метаемым объектом и параметрами заряжания, предусмотрено тиражирование данной схемы.

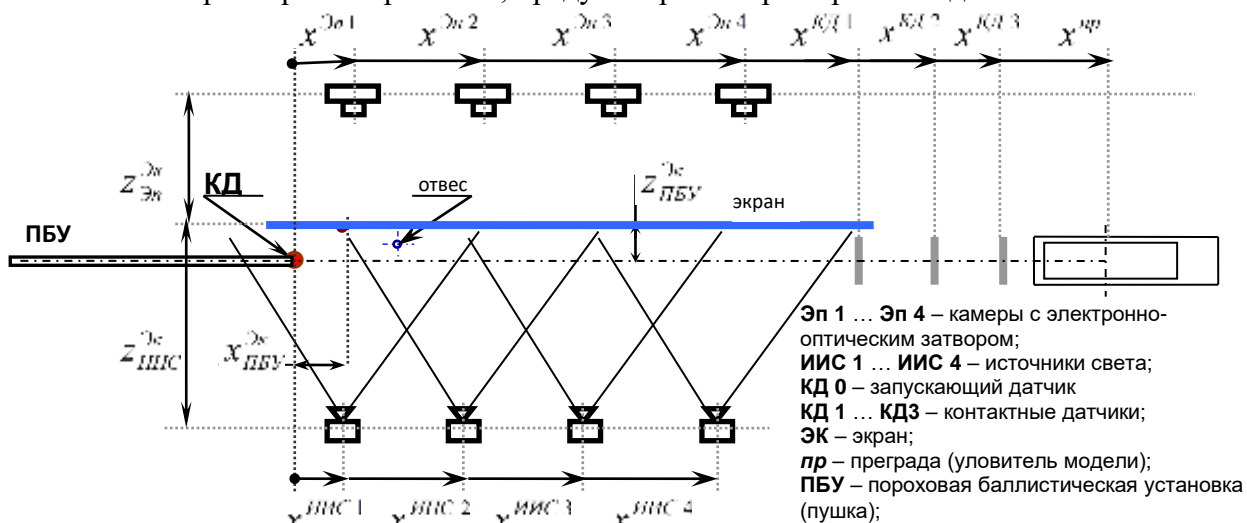


Схема проведения экспериментов, представленная на рисунке 1, предусматривала метание

модели из пороховой баллистической установки (ПБУ, пушки), полет вдоль экрана и серии хронографических датчиков, с последующим внедрением в преграду-уловитель.

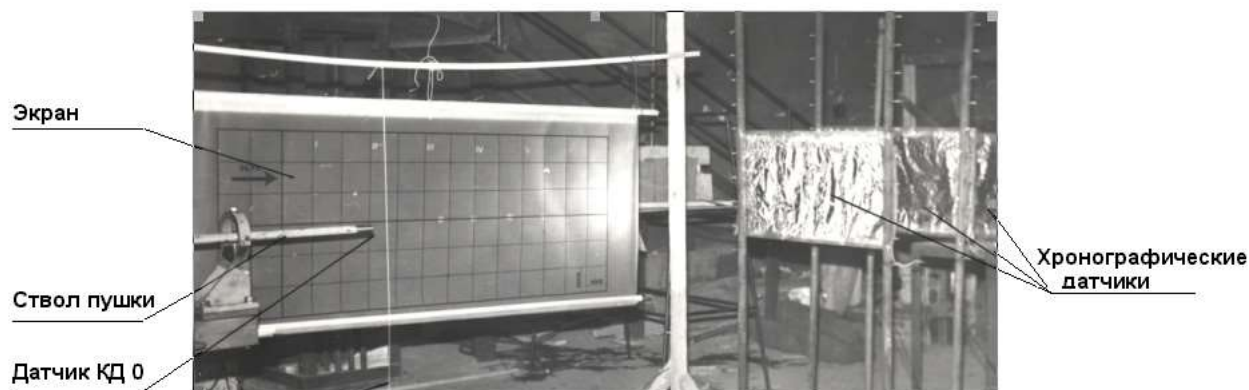


Рис. 1. Схема постановки экспериментов.

Использовалась пушка калибра 14,5 мм и модель в виде цилиндра $d_M = \text{Ø}14\text{мм}$ малого удлинения $\lambda=2$ с обтюрирующей вставкой из полиэтилена, обеспечивающей отсутствие эффекта прорыва пороховых газов.

На диффузный полупрозрачный экран из лавсановой матовой пленки наносилась масштабная сетка, образующая квадраты со стороной равной 100 мм, (осевая линия толщиной 2,5 мм, остальные линии – 1,5 мм) и нумерованными реперными знаками. Пленка натягивалась на рамки, образующие незамкнутый силовой контур, что обеспечивало ее сохранность после воздействия продуктов выхлопа из пушки. Экран вывешивался в плоскости, параллельной вертикальной плоскости стрельбы Oxy , вертикальность поперечных линий сетки экрана до и во время эксперимента контролировалась с помощью отвеса.

На рисунке 2 представлена композиция газодинамических картин, полученных в одном опыте, после их совмещения по линиям сетки экрана и «обрезания справа» по фронту УВ.

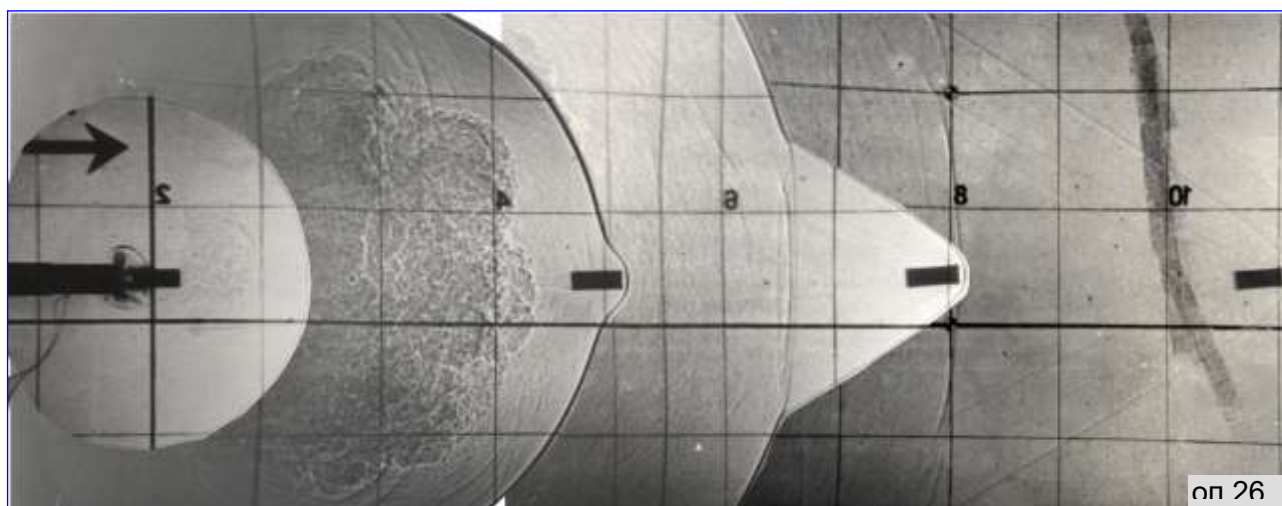


Рис. 2. Снимки камер, полученные в одном эксперименте и наложенные на единую масштабную сетку.

Экспериментально показано, что при движении модели в канале ствола происходит вытеснение, расположенном в нем, столба воздуха, истекающего за дульный срез пушки с образованием сферической УВ.

После выхода модели за дульный срез наблюдается тороидальное истечение пороховых газов, образующих собственную УВ. По мере истечения пороховые газы опережают модель и принимают характерный вид («яблоко»), у которого сферическая задняя часть и тороидальная - передняя. На этой стадии пороховые газы еще «доразгоняют» модель.

В силу сопротивления в воздушном пространстве скорость движения пороховых газов уменьшается и в какой-то период времени она становится соизмеримой со скоростью полета модели, достигшей своего максимума на участке разгона. Далее модель догоняет фронт УВ, отошедший от потока пороховых газов.

На основе полученных газодинамических картин и анализа погрешностей определения скорости полета модели методами оптического и контактного электрического хронографирования экспериментально показано, что при метании из пороховой установки диаметром 14,5 мм со скоростью вдвое превышающей скорость звука граница между участками промежуточной и внешней баллистики находится на расстоянии 45 калибров модели.

Авторы приносят благодарность Бердникову В.А. за постановку задачи и анализ полученных результатов.

Список литературы

1. Герасимов С.И., Ерофеев В.И., Каныгин И.И., Герасимова Р.В., Сальников А.В. Визуализация дульного выхлопа при выстреле из легкогазовой пушки // Научная визуализация. - 2014. - Т. 6, № 2. - С.92-103.
2. Герасимов С.И. Диагностика при исследовании эффектов, сопровождающих выход ударной волны на свободную поверхность при ударно-волновом нагружении // Нелинейный мир. - 2009. - Т.7, №7. - С.526-527.
3. Герасимов С.И., Вашурков А.С., Лень А.В. Газоразрядный импульсный источник света // Патент РФ № 2195746. 27.12. 2002.
4. Герасимов С.И., Мешков Е.Е. Способ получения импульса света и импульсный источник света // Патент РФ № 2152665. 10.07.2000.
5. Герасимов С.И., Файков Ю.И. Теневое фотографирование в расходящемся пучке света. - Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2010. - 342 с.