

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВВОДА
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В МЕТАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД**

А.Д. Сидоров

Научный руководитель: д. ф.-м. н. А.Н. Ищенко

Томский государственный университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: alex_sid92@mail.ru

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF ENTRY ADDITIONAL ENERGY IN THE POWDER

A.D. Sidorov

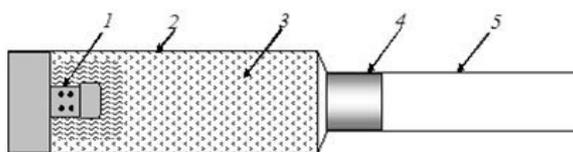
Scientific Supervisor: Dr. A.N. Ishchenko

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: alex_sid92@mail.ru

Abstract. *The analysis of the results of ballistic experiments electro thermal chemical control ballistic firing parameters is presented. Expand the boundaries of applicability of the method taking into account the introduction of energy into the powder during model analysis of experiments.*

Существует схема высокоскоростного метания с электротермохимическим управлением баллистическими параметрами выстрела (ЭТХ схема) (рис. 1, а). В процессе выстрела дополнительная энергия вводится в метательный заряд (МЗ) при помощи электроразрядной плазмы, образующейся при испарении тонкого проводника и изолятора на разрядном промежутке внутри плазмотрона типа «флейта», установленного на винтовом затворе. Затвор состоит из пробки, играющей роль отрицательного электрода, тонкого проводника, запаянного с одной стороны на положительный электрод, а с другой стороны на корпус плазмотрона (рис. 1, б).



1 – затвор с плазмотроном; 2 – камера сгорания;
3 – МЗ; 4 – снаряд; 5 – ствол;

а



б

Рис. 1. Схема ЭТХ выстрела и винтовой затвор с плазмотроном типа «флейта»

В математической модели газодинамического расчета внутрибаллистических процессов в ствольных системах [1] ввод дополнительной энергии Q можно учесть введением одного из компонентов многокомпонентного МЗ – условного быстрогорящего топлива (УБТ) массой ω . Параметры УБТ аналогичны параметрам реальных порохов, используемым в модели [1]. Геометрические параметры УБТ: e_1 – половина толщины горящего свода, S_1 – начальная площадь поверхности, Λ_1 – начальный объем.. Скорость горения УБТ u_r не зависит от давления и определяется временем разряда $t_{\text{раз}}$ (1):

$$u_r = \frac{e_1}{t_{\text{раз}}} \quad (1)$$

Сила УБТ f определяется уровнем введенной энергии (2), где $k = 0,5$ – коэффициент, учитывающий долю энергии, которая пошла на разогрев топлива, Q – вся энергия, введенная за время разряда $t_{\text{раз}}$ (3):

$$f = \frac{kQ}{\omega} \quad (2)$$

$$Q = \int_0^{t_{\text{раз}}} U(t)I(t)dt \quad (3)$$

Доля сгоревшего УБТ ψ равна доле введенной энергии (4), где q_t – энергия, введенная к моменту времени t (5):

$$\psi = \frac{\omega_{\text{сг}}}{\omega} = \frac{q_t}{Q} \quad (4)$$

$$q_t(t) = \int_0^t U(t)I(t)dt \quad (5)$$

Скорость газообразования (6), где $\sigma_{\text{УБТ}}$ – относительная поверхность горения:

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{S_1}{\Lambda_1} u_r \sigma \quad (6)$$

Из (6) с учетом (1), (4) и (5) получаем относительную поверхность горения $\sigma_{\text{УБТ}}(\psi)$, определяющую характер ввода энергии:

$$\sigma = \frac{t_{\text{раз}}}{Q} \frac{\Lambda_1}{S_1 e_1} U(t)I(t) = kU(t)I(t) \quad (7)$$

Для определения $\sigma_{\text{УБТ}}(\psi)$ проведен анализ данных баллистических экспериментов, выполненных в НИИ ПММ ТГУ на лабораторной установке, по ЭТХ схеме выстрела при уровне Q : 4; 12 и 28 кДж. В каждом эксперименте зарегистрированы напряжение $U(t)$ (рис. 2,а) и сила тока $I(t)$ (рис. 2,б) и вычислена энергия $q_t(t)$ (рис. 2,в). Рассмотрена серия экспериментов 1 с использованием короткого плазматрона и изолятора из фторопласта и серия 2 с использованием длинного плазматрона и изолятора из полиэтилена. В обеих сериях проведены эксперименты с разным уровнем введенной энергии, разными ёмкостями конденсаторов с получением различного времени разряда.

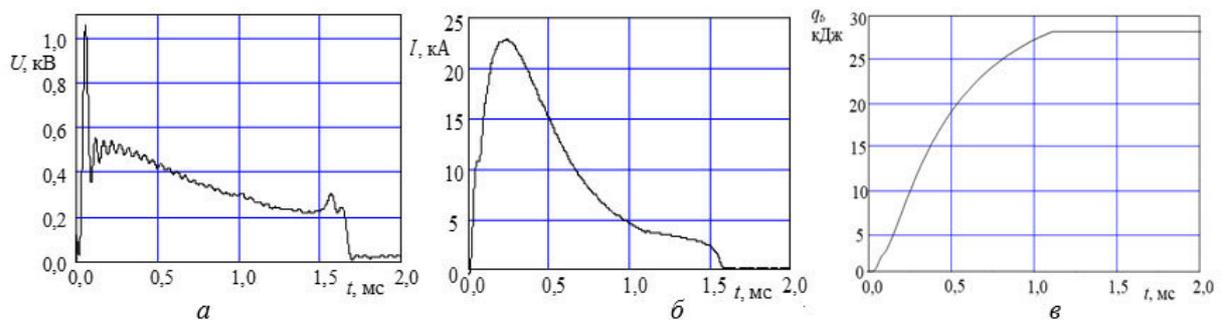


Рис. 2. Изменение напряжения, тока и энергии на разрядном промежутке во времени

Для каждого эксперимента серии 1 при $Q = 12$ кДж была построена $\sigma_{УБТ}(\psi)$ и проведена жирным средняя (рис 3, а). Аналогично в серии 1 были рассмотрены эксперименты при $Q = 4$ кДж; 28 кДж. Средние кривые каждого уровня Q построены ниже (рис. 3,б).

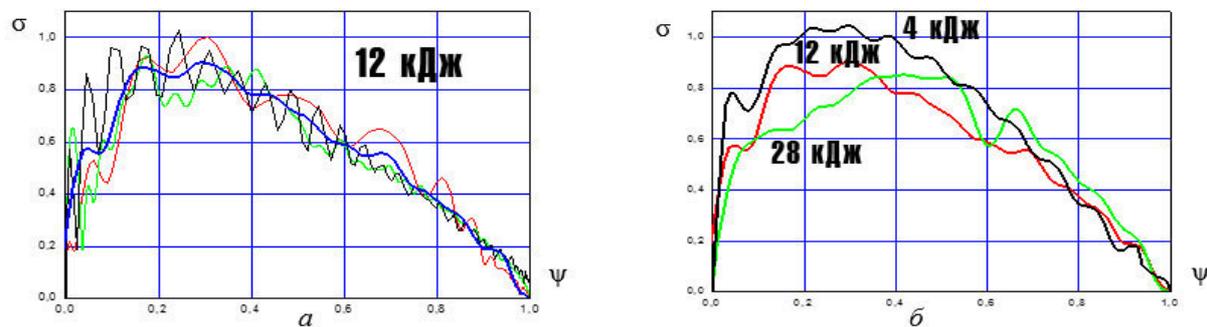


Рис. 3. Зависимость относительной поверхности горения от доли сгоревшего УБТ

Таким же образом была рассмотрена серия 2. Ниже представлены средние кривые при $Q = 12$ кДж (рис. 4). Уровень $\sigma_{УБТ}(\psi)$ серии 2 больше, чем в серии 1. Вероятно, это связано с разными размерами плазматронов.

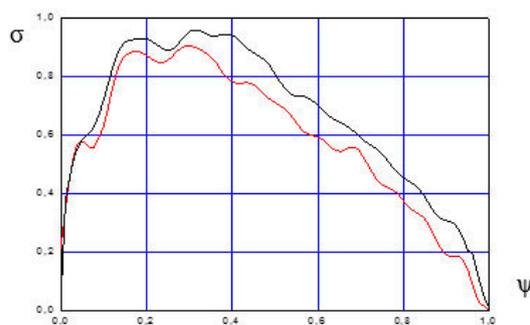


Рис. 4. Зависимость относительной поверхности горения от доли сгоревшего УБТ

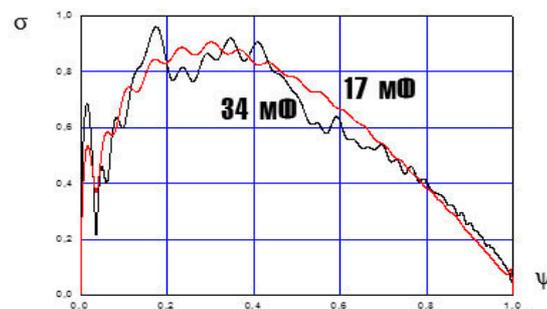


Рис. 5. Зависимость относительной поверхности горения от доли сгоревшего УБТ

Отдельно были рассмотрены эксперименты с одинаковым уровнем Q , но разной ёмкостью конденсаторной батареи (рис. 5).

Таким образом, в работе был предложен методический подход, позволяющий учесть ввод электроразрядной плазмы в МЗ в ЭТХ схеме выстрела. На основе анализа данных экспериментов были сравнены результаты серии 1 и 2. Отмечено, что $\sigma_{УБТ}(\psi)$ не зависит от ёмкости конденсаторной батареи и времени ее разряда в исследуемом диапазоне параметров. Предположено, что в рамках данной модели УБТ уровень $\sigma_{УБТ}(\psi)$ уменьшается с ростом уровня введенной энергии Q .

В работе использованы результаты, полученные в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТГУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ищенко А.Н., Касимов В.З. Математическая модель и программный комплекс для теоретического исследования внутрибаллистических процессов в ствольных системах. – Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2015. – 72 с.