

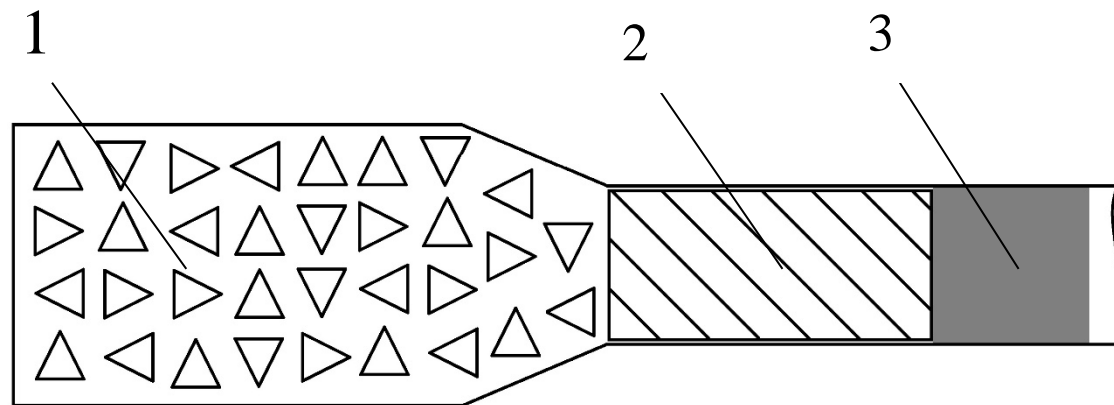


Национальный  
исследовательский

**Томский  
государственный  
университет  
НИИ ПММ**

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОПЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРЕНИЯ ВЫСОКОПЛОТНЫХ ТОПЛИВ**

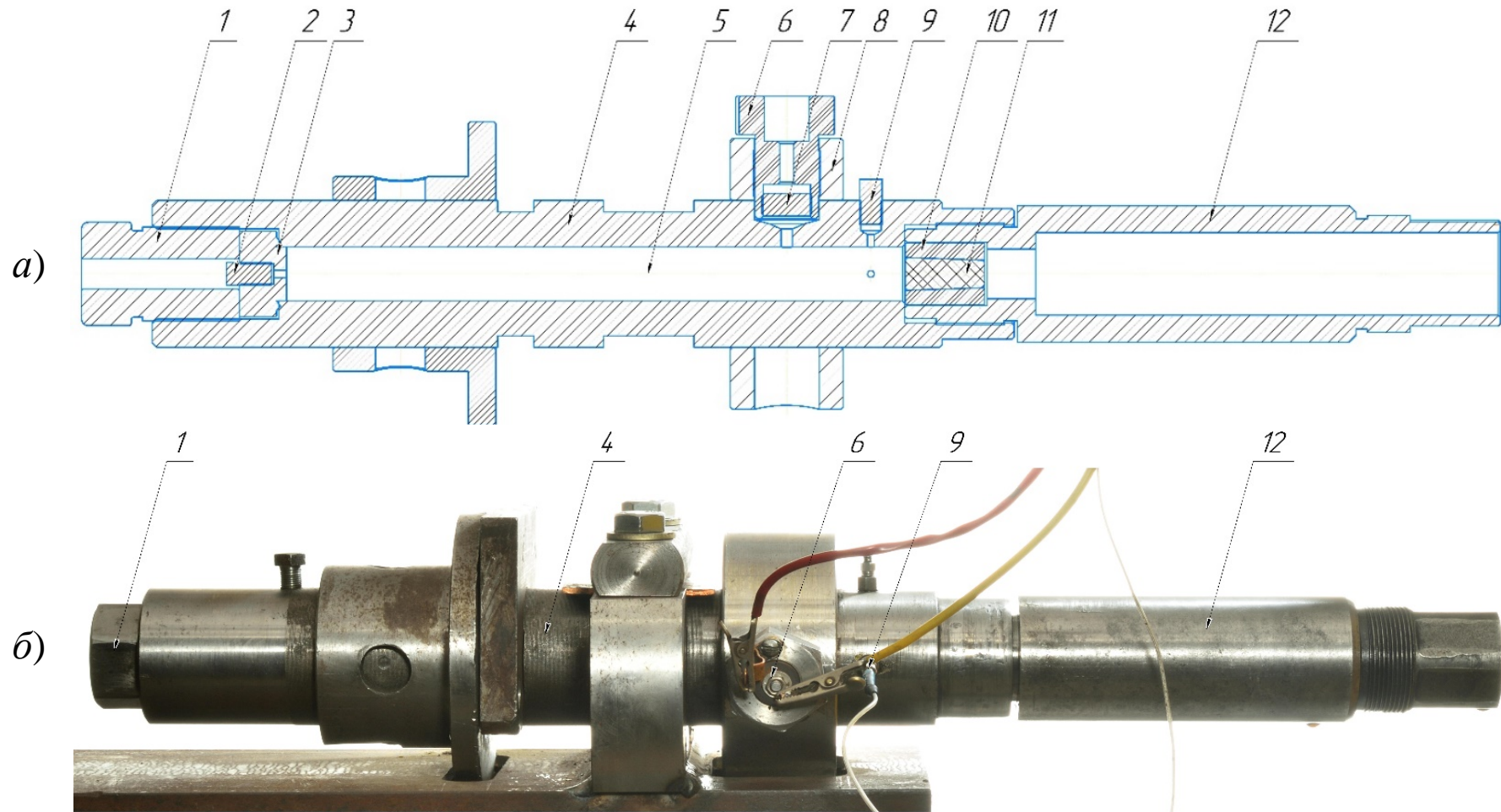
**Рогаев К.С., Дьячковский А.С., Ищенко А.Н.,  
Саморокова Н.М., Степанов Е.Ю., Сидоров А.Д.**



1 – пороховой заряд; 2 – высокоплотное топливо; 3 – снаряд  
Рисунок 1 – Схема размещения высокоплотных топлив в составе метательного заряда

- В данной работе представлены результаты экспериментально-теоретического исследования модельных высокоплотных топлив (МВТ) в условиях полузамкнутого объема.

# Сопловая установка



1 – упорная пробка; 2 – торцевой датчик давления; 3 – крепление датчика давления; 4 – камерный узел;  
5 – камера сгорания; 6 – упорная пробка для воспламенительного устройства; 7 – воспламенительное устройство; 8 – резьбовое кольцо; 9 – радиальный датчик давления; 10 – сопло; 11 – снаряд-заглушка;  
12 – сопловой блок

Рисунок 2 – Схема сопловой установки (а) и ее внешний вид (б)





1 – сопло с критическим диаметром 8 мм; 2 – сопло с критическим диаметром 12 мм;  
3 – сопло с критическим диаметром 17 мм; 4 – сопло с критическим диаметром 18 мм;  
5 – сопло с критическим диаметром 20 мм

Рисунок 3 – Сопловой блок и различные варианты сопел

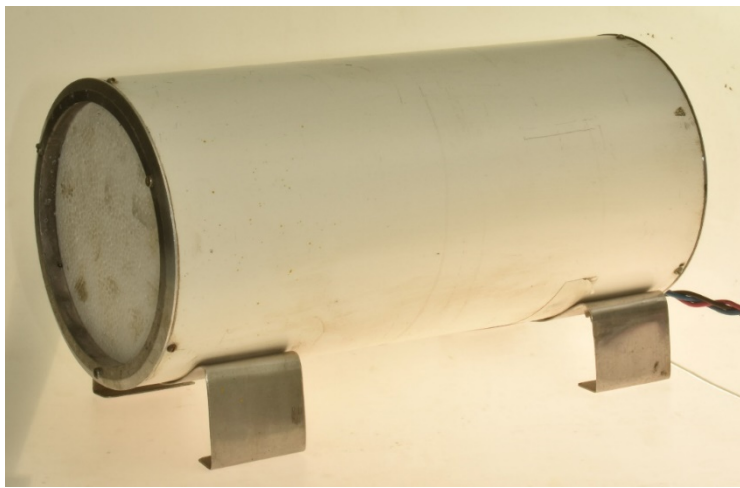
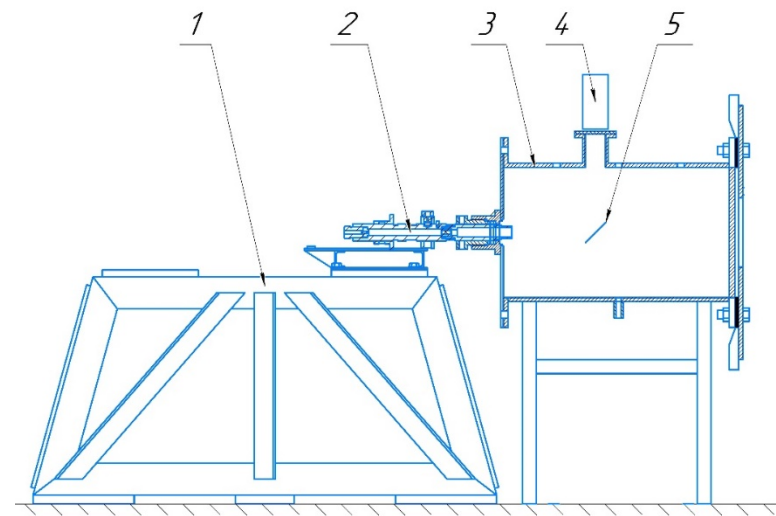


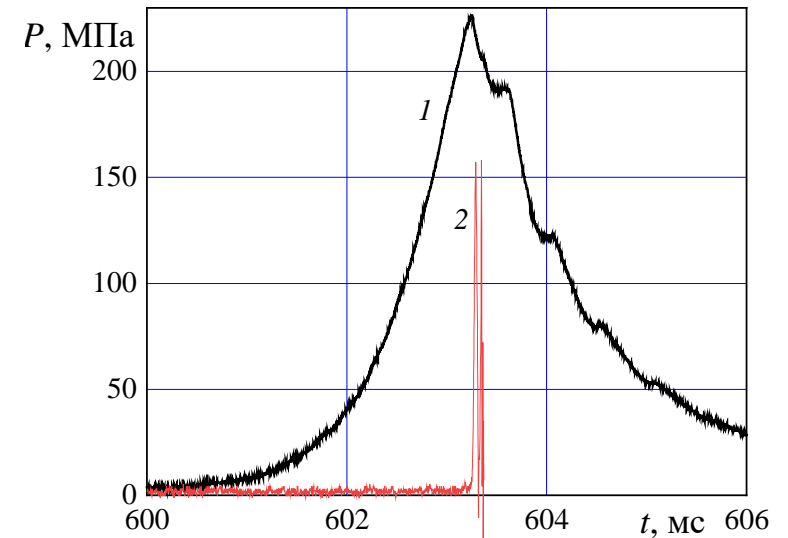
Рисунок 4 – СВЧ-радар



1 – станина для сопловой бомбы; 2 – сопловая бомба; 3 – вакуумная бочка; 4 – радар СВЧ; 5 – зеркало для радара СВЧ  
Рисунок 5 – Экспериментальный стенд



Рисунок 6 – Регистрационно-измерительный комплекс



1 – временная зависимость давления; 2 – сигнал с радара  
Рисунок 7 – Сопоставление типичных результатов эксперимента

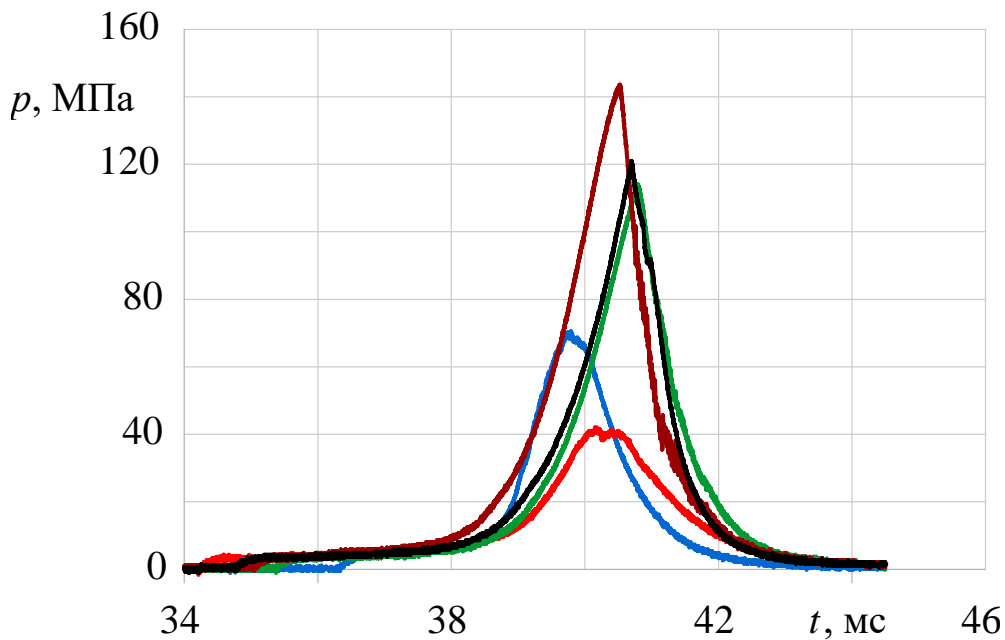




Рисунок 8 – Общий вид снаряда-заглушки, запрессованного в сопло (а, в) и дополнительной массы (б)



Рисунок 9 – Общий вид перфорированного картуза с традиционным порохом (а) и негорящего имитатора топлива (б)

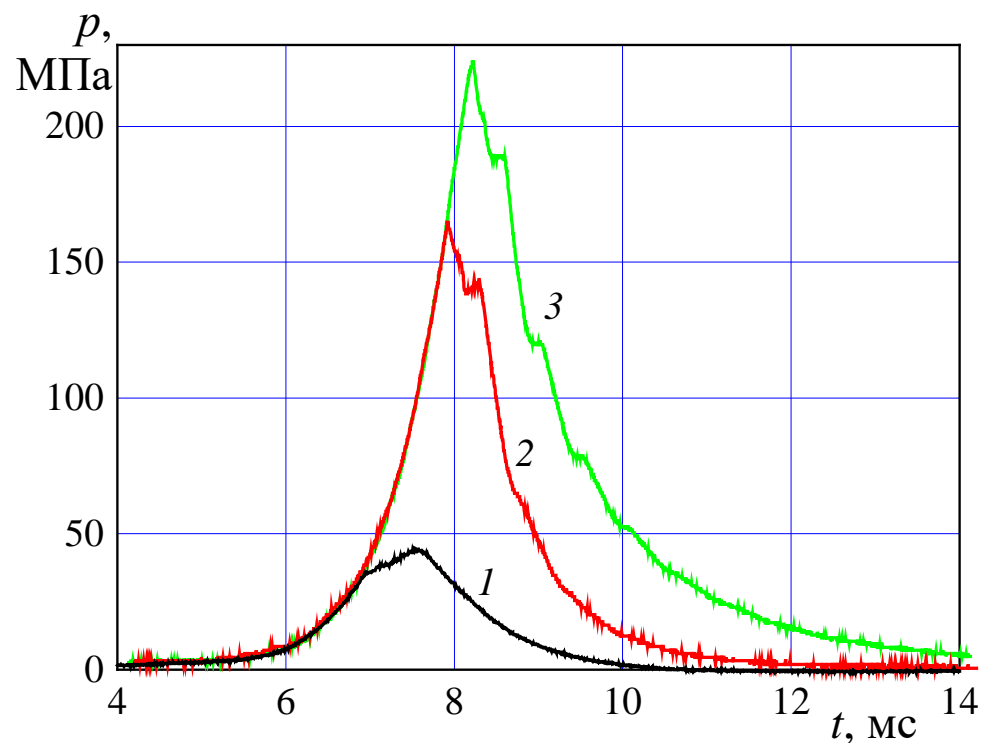


- полиэтилен,  $\omega=15$  г;
- полиэтилен,  $\omega=25$  г;
- полиэтилен,  $\omega=15$  г,  $m=352,18$  г;
- полиэтилен,  $\omega=15$  г,  $m=630,15$  г;
- текстолит,  $\omega=15$  г

Рисунок 10 – Временные зависимости давления в сопловой камере

- 1 – сопло 20 мм;
- 2 – сопло 17 мм;
- 3 – сопло 12 мм

Рисунок 11 – Временные зависимости давления в сопловой камере





*a)*



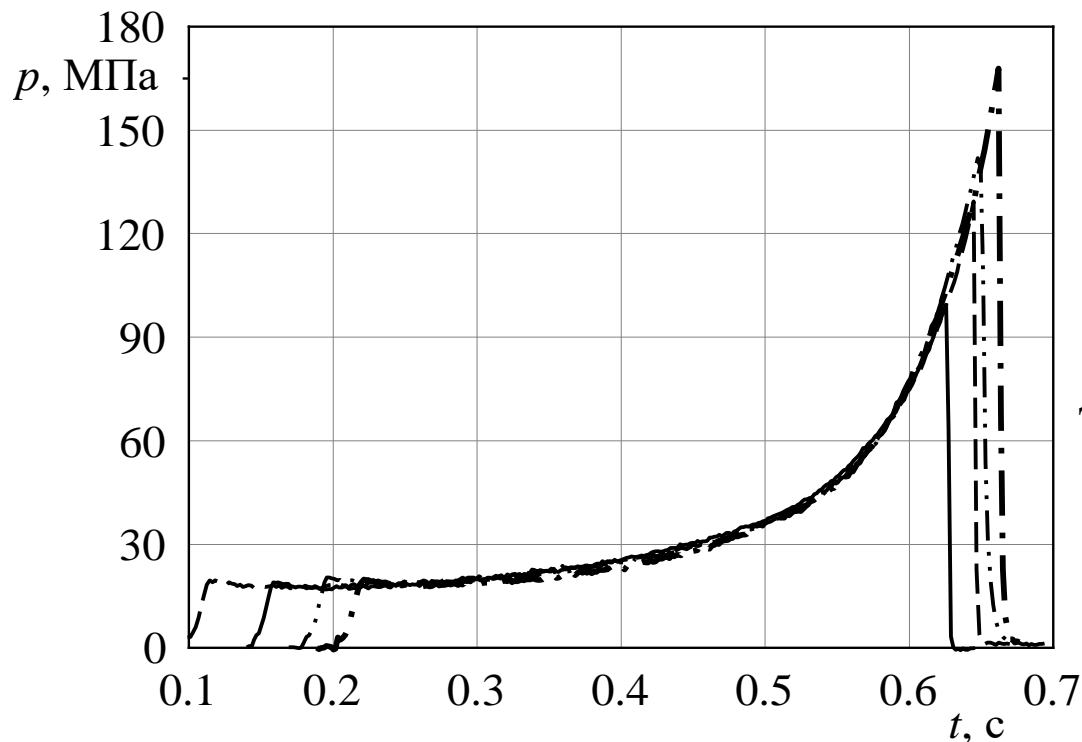
*б)*



*в)*

Рисунок 12 – Внешний вид порохового воспламенительного заряда (*a*) и топлива в полиэтиленовом контейнере подготовленному к эксперименту: *б*) вид сверху; *в*) вид сбоку



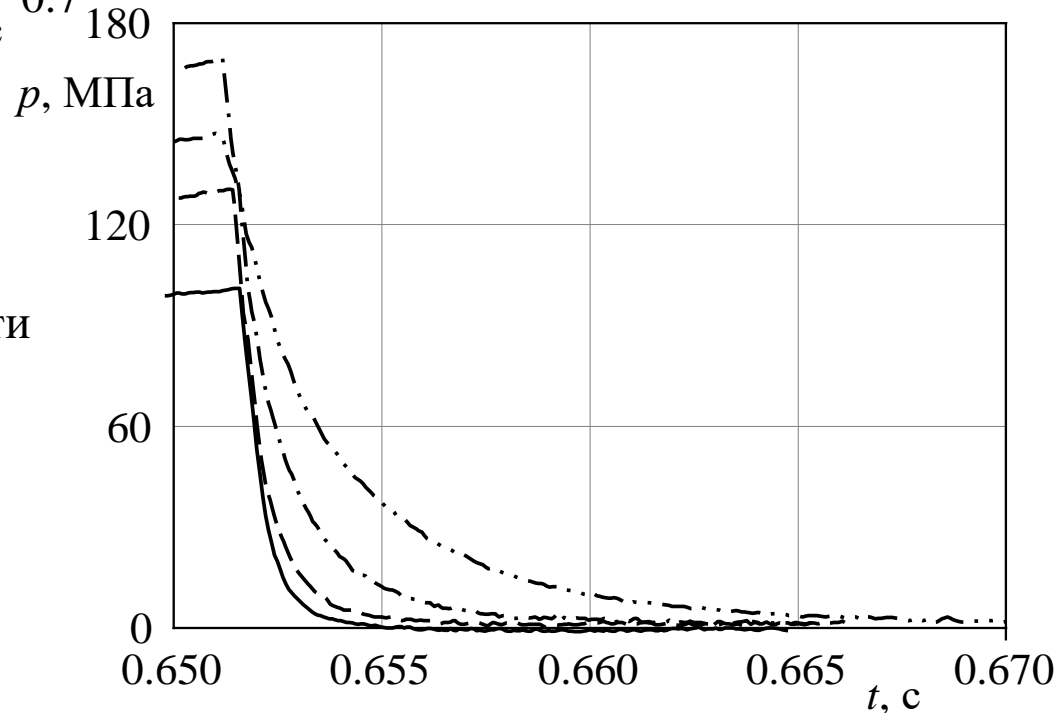


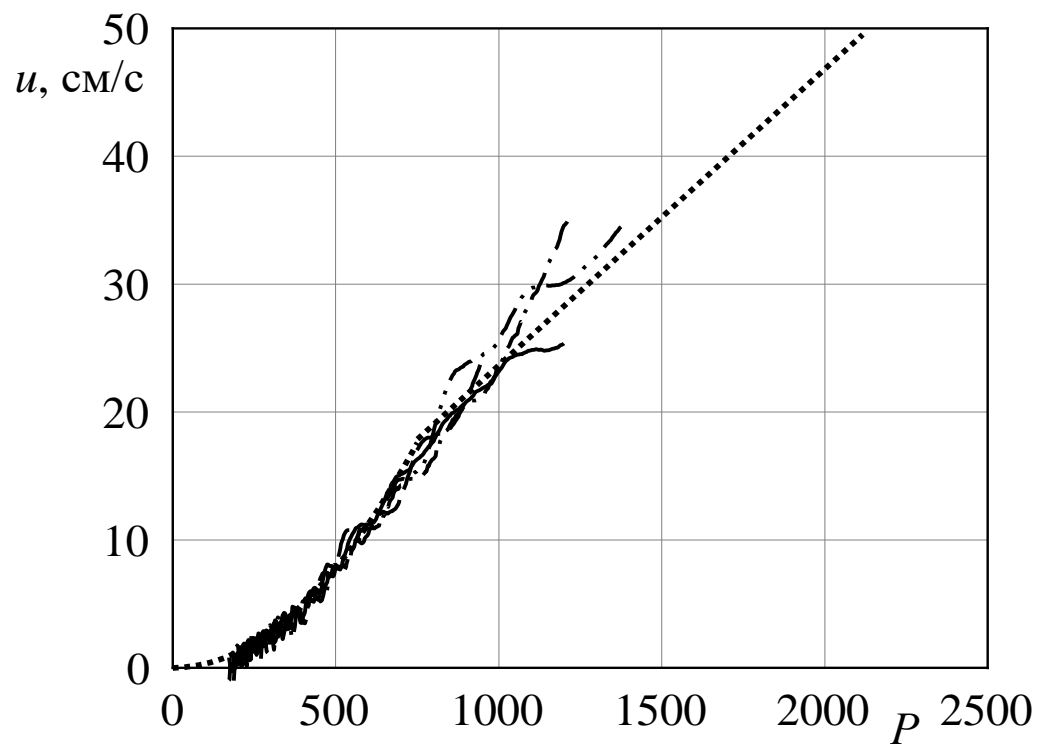
— — 20 мм; - - - - - 17 мм;  
 - · - · - · - 12 мм; · - - - - · - 8 мм

Рисунок 13 – Экспериментальные зависимости давления от времени для высокоплотного топлива для различных диаметров критического сечения сопла

— — 20 мм; - - - - - 17 мм;  
 - · - · - · - 12 мм; · - - - - · - 8 мм

Рисунок 14 – Экспериментальные зависимости при спаде давления от времени для высокоплотного топлива для различных диаметров критического сечения сопла





——— — 20 мм; — — — — 17 мм; — · — · — 12 мм; —  
 ····· — 8 мм; ······· — закон горения

полученный в условиях манометрической бомбы

Рисунок 15 – Зависимости скорости горения от

давления для высокоплотного топлива, для

различных диаметров критического сечения сопла

——— — 20 мм; — — — — 17 мм; — · — · — 12 мм;  
 ····· — 8 мм; ······· — закон горения

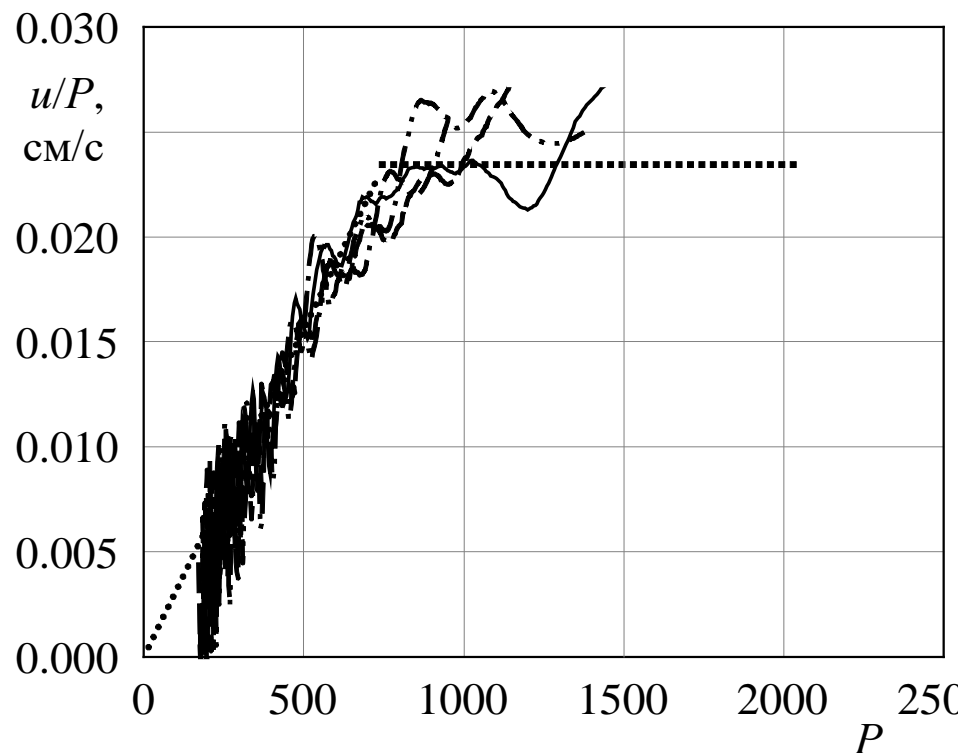
полученный в условиях манометрической бомбы

Рисунок 16 – Зависимости безразмерной скорости

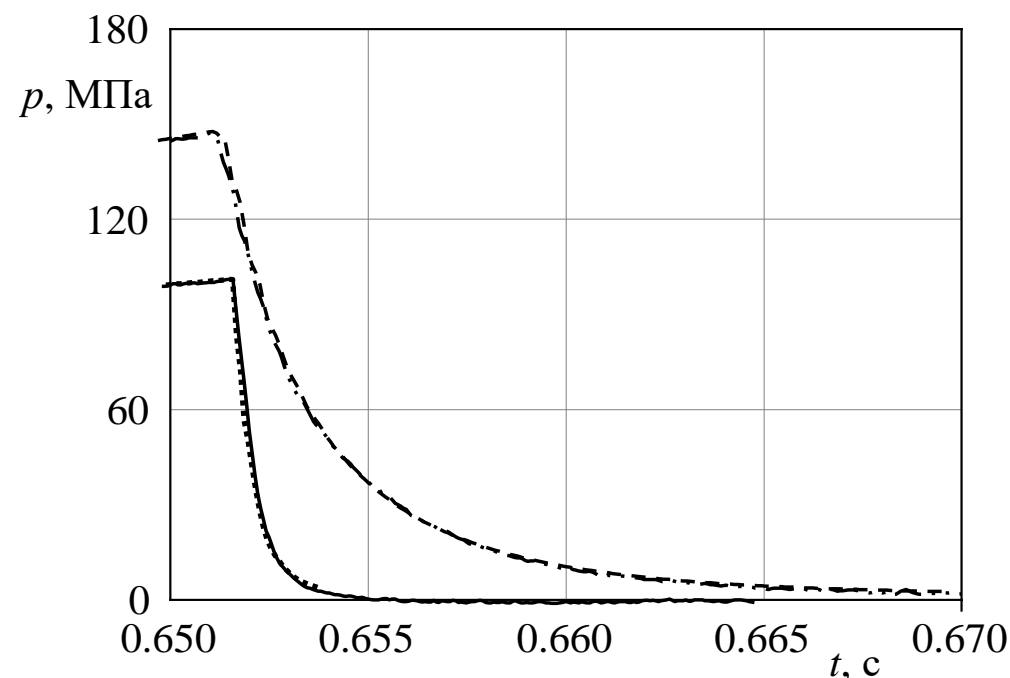
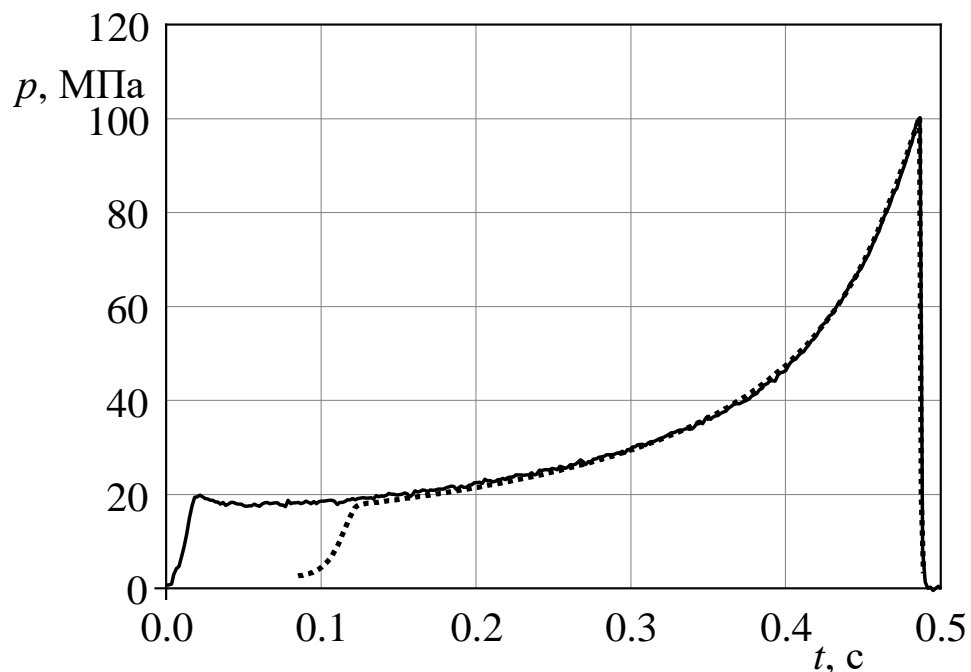
горения от давления для высокоплотного топлива,

для различных диаметров критического сечения

сопла



$$\begin{cases} u(P) = 3.128 \cdot 10^{-5} P^2 & (0 < P < 750) \\ u(P) = 2.344 \cdot 10^{-2} P & (P \leq 750) \end{cases}$$



сопло диаметром 20 мм: — — эксперимент, ····· — расчет;

сопло диаметром 8 мм: ·-·-·-·- эксперимент, - - - - - расчет

Рисунок 17 – Расчетные и экспериментальные зависимости давления от времени для различных диаметров критического сечения сопла



# Заключение

В результате экспериментальных исследований проведена отработка технических решений, разработанной системы синхронизации и условий заряжания при использовании традиционных порохов в условиях сопловой бомбы.

Проведены экспериментальные исследования горения высокоплотного топлива в условиях сопловой бомбы для определения законов горения топлив.

Рассмотрены некоторые особенности истечения продуктов горения пороха и топлива через различные конфигурации соплового блока.

Получен закон горения исследуемого модельного высокоплотного топлива при истечении продуктов горения через сопло.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10054, <https://rscf.ru/project/21-79-10054/>



# Спасибо за внимание!

## ПРИМЕНЕНИЕ СОПЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРЕНИЯ ВЫСОКОПЛОТНЫХ ТОПЛИВ

Рогаев К.С., Дьячковский А.С., Ищенко  
А.Н., Саморокова Н.М., Степанов Е.Ю.,  
Сидоров А.Д.



НИИ прикладной математики и механики  
Томского государственного университета

634050, Томск, пр. Ленина 36, строение 27  
Тел./факс: (3822) 52-96-48,  
E-mail: rogaev@ftf.tsu.ru

[www.tsu.ru](http://www.tsu.ru)

докладчик: Рогаев Константин Сергеевич