



Национальный
исследовательский
**Томский
государственный
университет**



Одноступенчатая пневматическая установка для ускорения макротел

А.Н. Ищенко, Ю.Ф. Христенко, О.В. Ушакова,
А.Д. Сидоров, Е.В. Жалнин, К.С. Старцев

Докладчик: Алексей Дмитриевич Сидоров

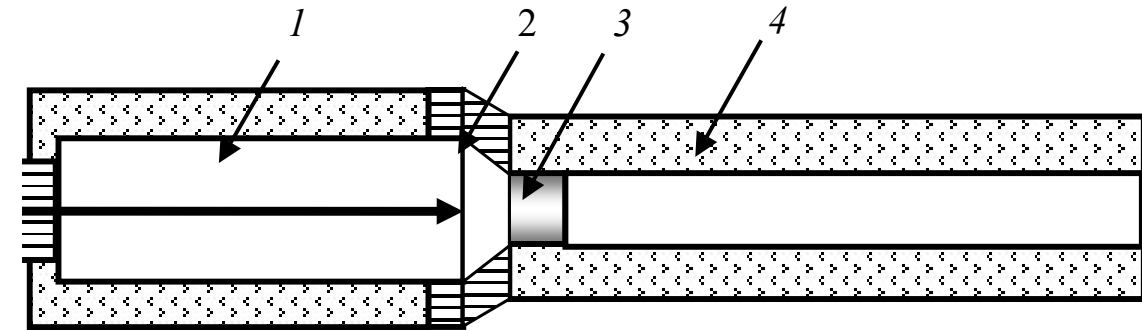
Цель работы:

Проведение экспериментально-теоретических работ по разработке и испытанию лабораторной пневматической одноступенчатой метательной установки малого калибра.

Задачи:

- Проведение баллистического проектирования, сборки, настройки установки и её испытания;
- Проведение параметрических исследований, позволяющих оценить возможности установки, в том числе максимально возможную дульную скорость.

Баллистическое проектирование



1 – камера высокого давления; 2 – диафрагменный блок; 3 – метаемая сборка; 4 – канал ускорителя;

Рисунок 1 – Общая схема лабораторной пневматической установки

Параметры:

- материал установки – сталь (для обеспечения прочности установки);
- длина канала ускорителя: $0.8 \leq L \leq 1.5$ м;
- калибр установки: $d = 8$ мм;
- объем камеры высокого давления: $20 \leq W_0 \leq 50$ см³;
- начальная температура $T_0 = 295$ К;
- материал мембраны: лавсановая пленка, алюминиевая фольга, латунная фольга;
- толщина диафрагмы: $0.1 \leq h \leq 0.5$ мм;

Лабораторная одноступенчатая пневматическая установка и её части

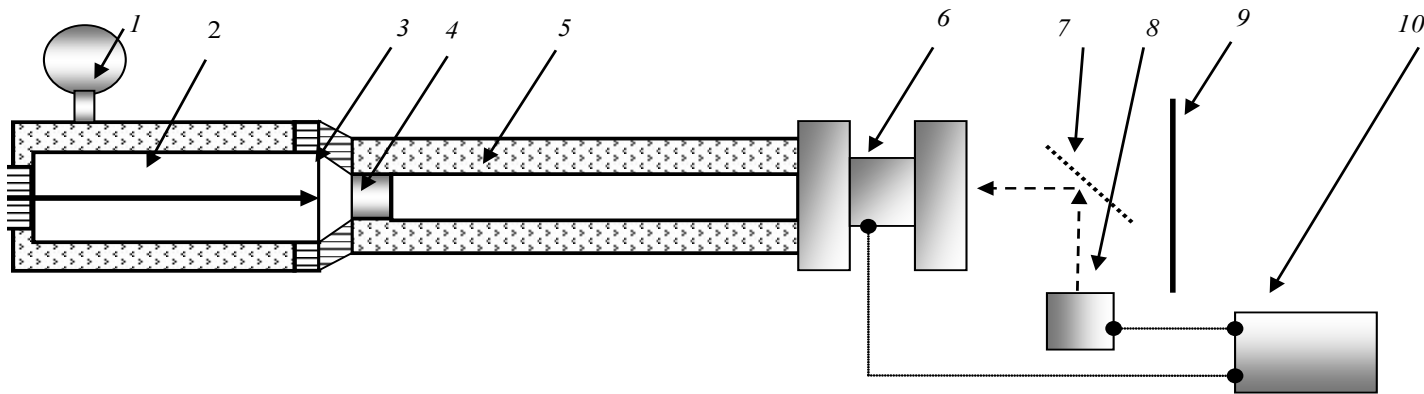


Рисунок 2 – Пневматическая установка и схема измерения скорости в эксперименте:

1 – манометр; 2 – камера высокого давления; 3 – диафрагменный блок;
4 – метаемая сборка; 5 – канал ускорителя; 6 – датчик дульной скорости;
7 – микроволновый отражатель; 8 – доплеровский СВЧ - радар; 9 – мишень;
10 – осциллограф



Рисунок 3 – Общий вид лабораторной одноступенчатой газодинамической установки



Рисунок 4 – Камера высокого давления



Рисунок 5 – Метаемая сборка, вид сбоку



Рисунок 6 – СВЧ - радар

Результаты экспериментов

Таблица 1 – Расчётные и экспериментальные данные, полученные на одноступенчатой газодинамической установке

№	Начальное давление P_0 , МПа	Дульная скорость V_d , м/с эксперимент	Дульная скорость V_d , м/с расчёт
1	22.0	545	546
2	25.0	571	575
3	28.0	591	589

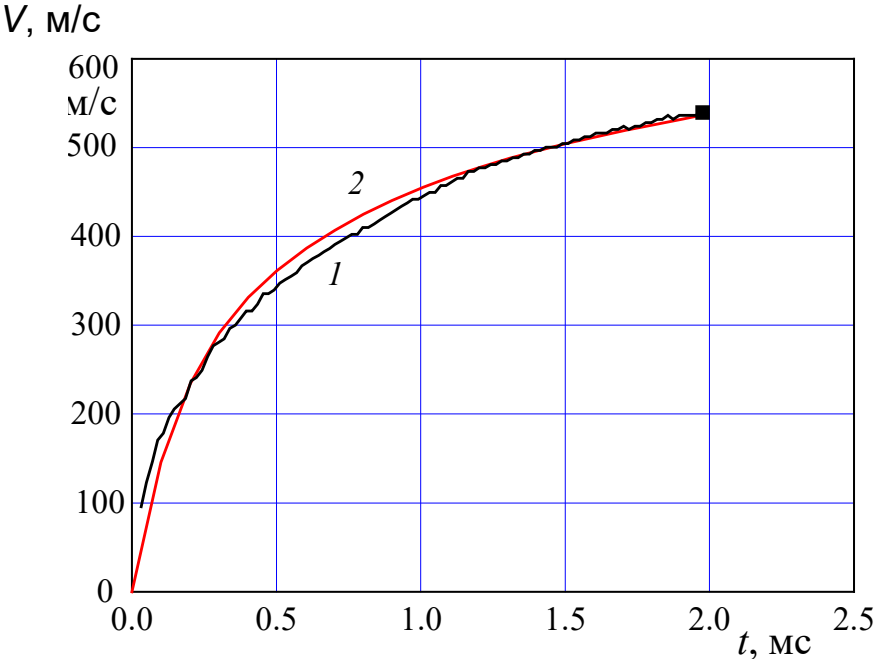


Рисунок 7 – Временные зависимости скорости
метаемой сборки в канале баллистического ствола,
опыт №1

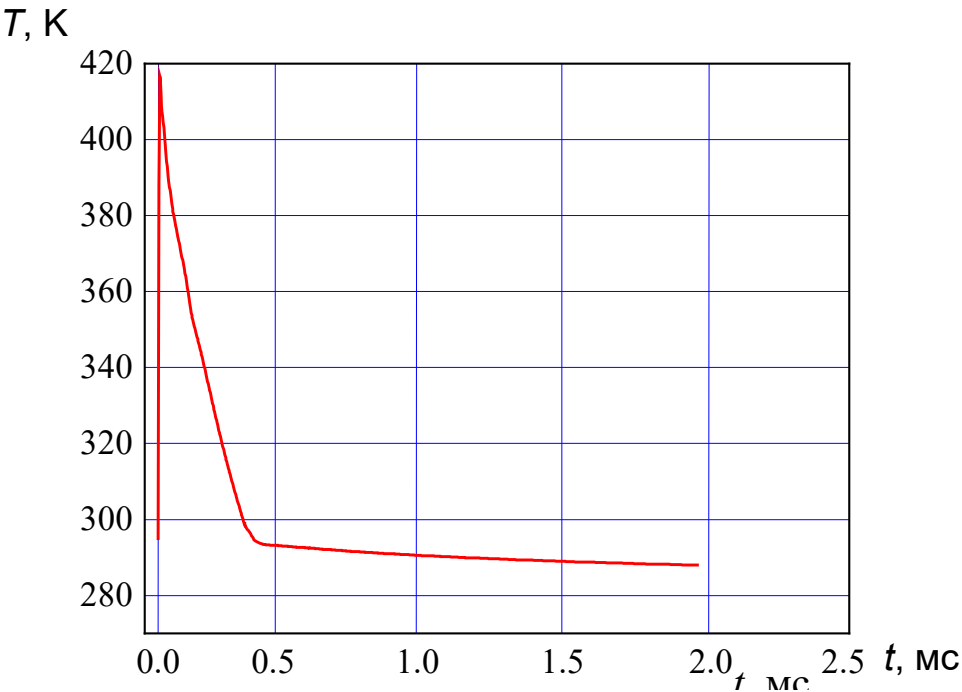


Рисунок 8 – Расчетная временная зависимость температуры газа от времени,
опыт №1

Примечание: — - расчёт, — - эксперимент

Параметрические исследования возможностей одноступенчатой газодинамической установки

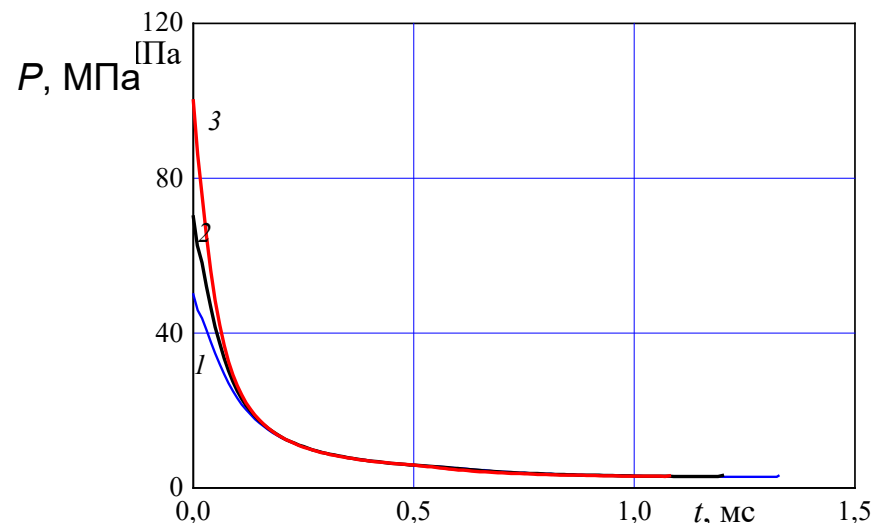


Таблица 2 – Результаты параметрических исследований

№	Начальное давление P_0 , МПа	Дульная скорость V_d , м/с
1	30.0	603
2	40.0	660
3	50.0	704
4	60.0	742
5	70.0	773
6	80.0	800
7	90.0	824
8	100.0	846

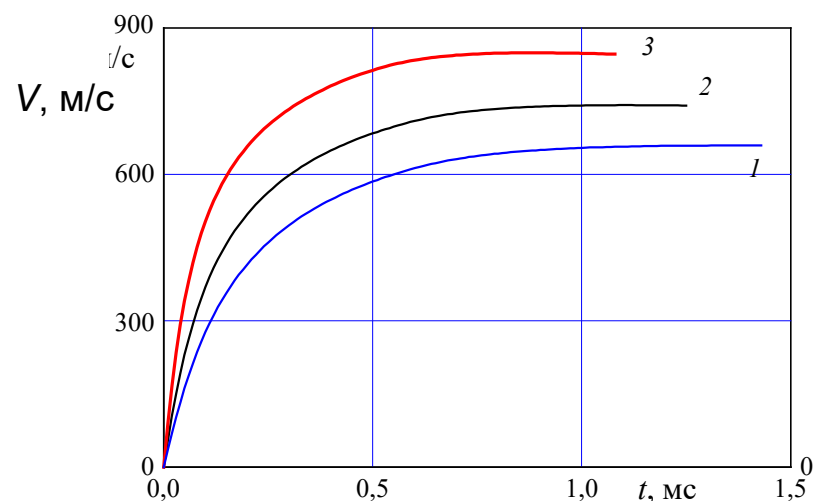


Рисунок 9 – Расчетные временные зависимости давления воздуха (*верх*) на дне метаемой сборки и её скорости (*низ*) в канале ускорителя:

1 – начальное давление воздуха 30 МПа; 2 – начальное давление 70 МПа; 3 – начальное давление 100 МПа

Предельная скорость истечения газа определяется по формуле: $U_{\text{пред}} = \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1} \cdot \frac{\gamma RT}{\mu}}$, где $c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$ - скорость звука в газе, μ – молекулярный вес

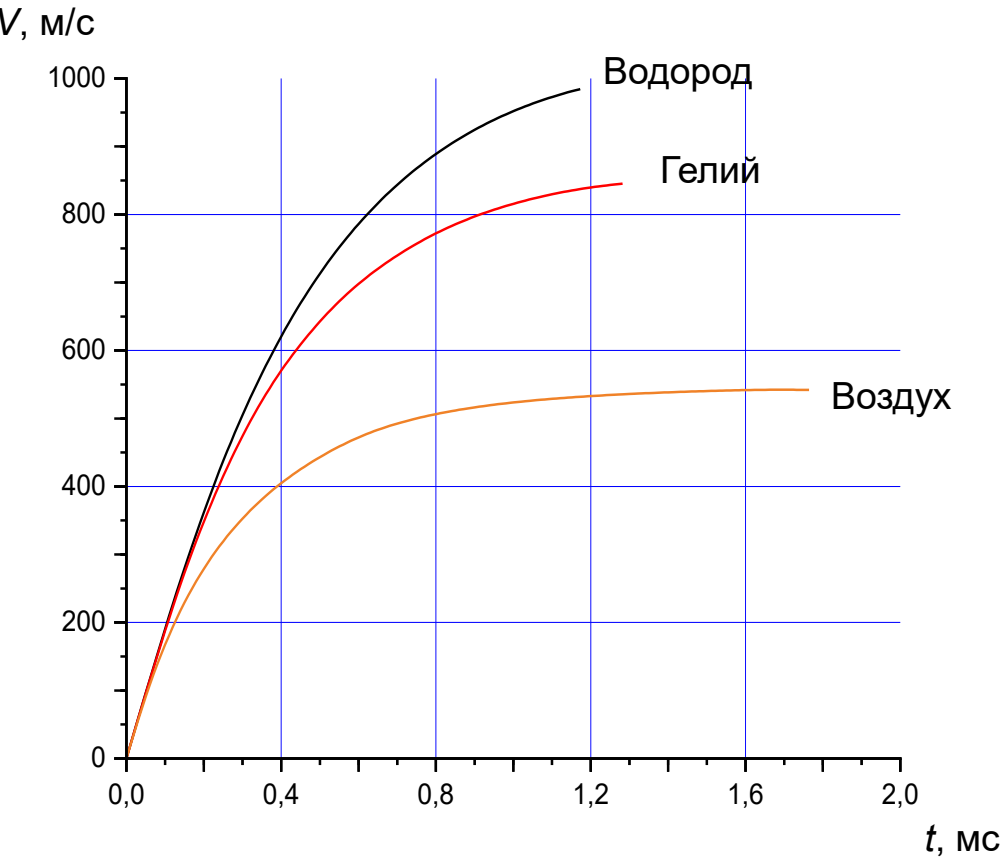


Таблица 3 – Результаты параметрических исследований с применением легкого газа

Газ в камере высокого давления	P_0 , МПа	$V_{\text{Д}}$, м/с	μ , г/моль	q , г
Водород	22	984	2,01588	0.51
Гелий		845	4,0026	
Воздух		542	28,97	

Рисунок 10 – Временные зависимости дульной скорости метаемой сборки с применением легких газов

Таблица 4 – Результаты параметрических исследований зависимости дульной скорости метаемой сборки от её массы

Газ в камере высокого давления	P_0 , МПа	q , г	V_d , м/с
Воздух	22	0.10	745
		0.40	551
		0.51	541
		0.60	533
		1.00	490

Таблица 5 – Результаты параметрических исследований зависимости дульной скорости метаемой сборки от начальной температуры газа

Газ в камере высокого давления	P_0 , МПа	T_0 , К	V_d , м/с
Воздух	22	223	503
		295	542
		323	555

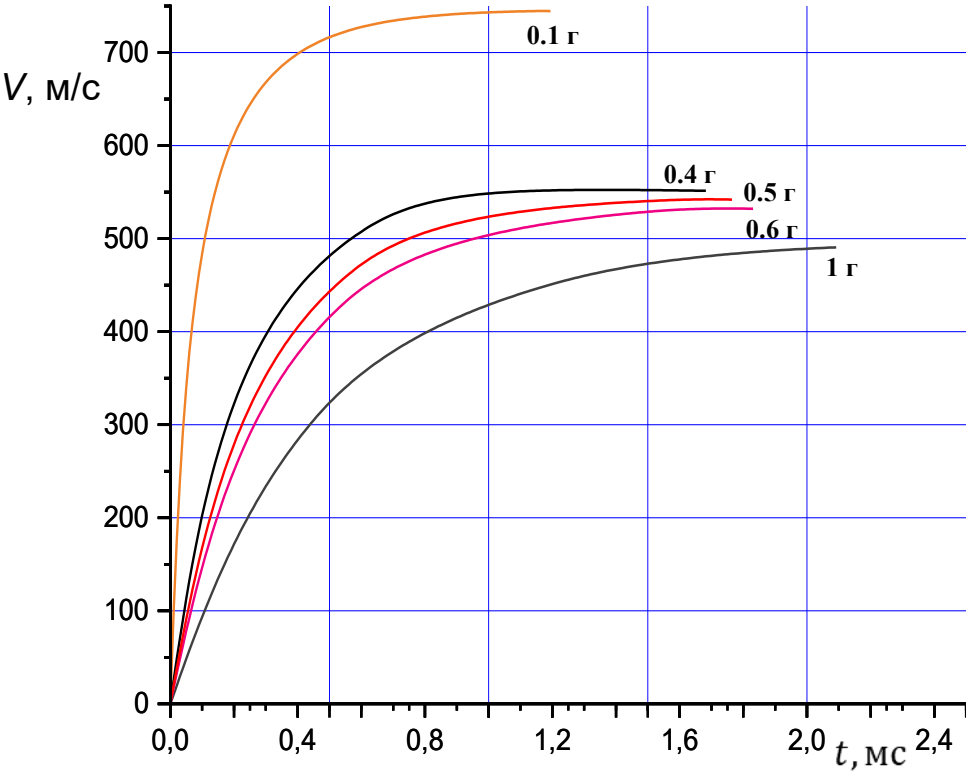


Рисунок 11 – Временные зависимости дульной скорости метаемой сборки при разных массах метаемой сборки

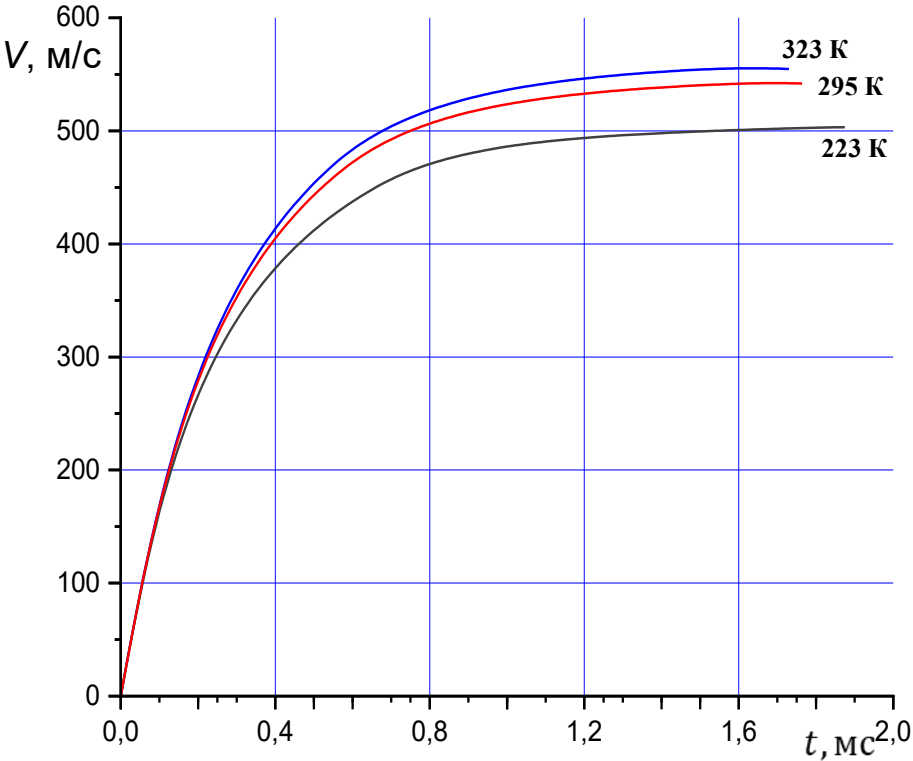


Рисунок 12 – Временные зависимости дульной скорости метаемой сборки при разных начальных температурах газа

Результаты:

- Выполнено баллистическое проектирование, сборка, настройка установки, а также проведена серия экспериментов с регистрацией основных баллистических параметров метания;
- Проведены обширные параметрические исследования, позволяющие оценить возможности установки, в том числе максимально возможную дульную скорость.



Национальный
исследовательский
**Томский
государственный
университет**



Спасибо за внимание!

Одноступенчатая пневматическая установка для ускорения макротел

А.Н. Ищенко, Ю.Ф. Христенко, О.В. Ушакова,
А.Д. Сидоров, Е.В. Жалнин, К.С. Старцев

Докладчик: Алексей Дмитриевич Сидоров