



# УВ в неравновесной плазме и LENR

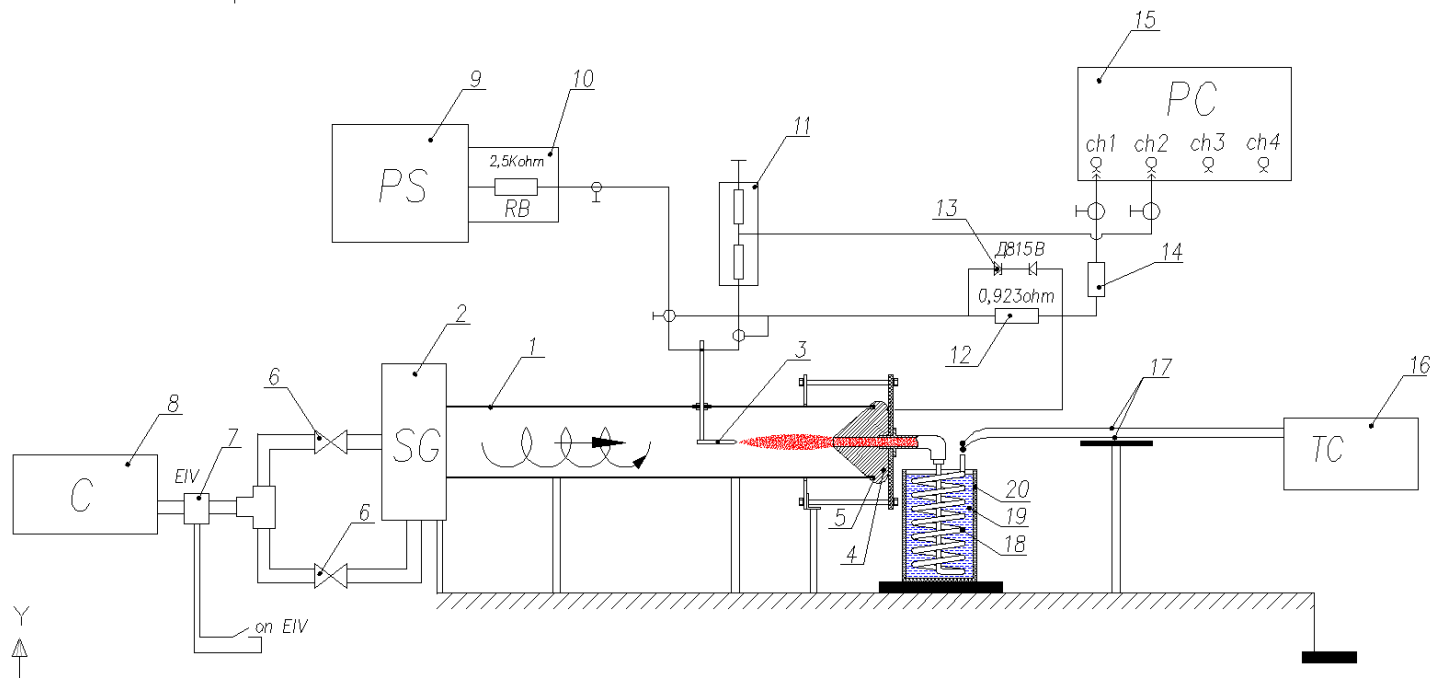
(к юбилею Н.В. Самсоненко)

Климов А.И.



Часть 1

# **БЫСТРОЕ ОСТЫВАНИЕ ГП НА ВЫХОДЕ ПВР**



### Схема calorиметрического эксперимента на установке ПВР .

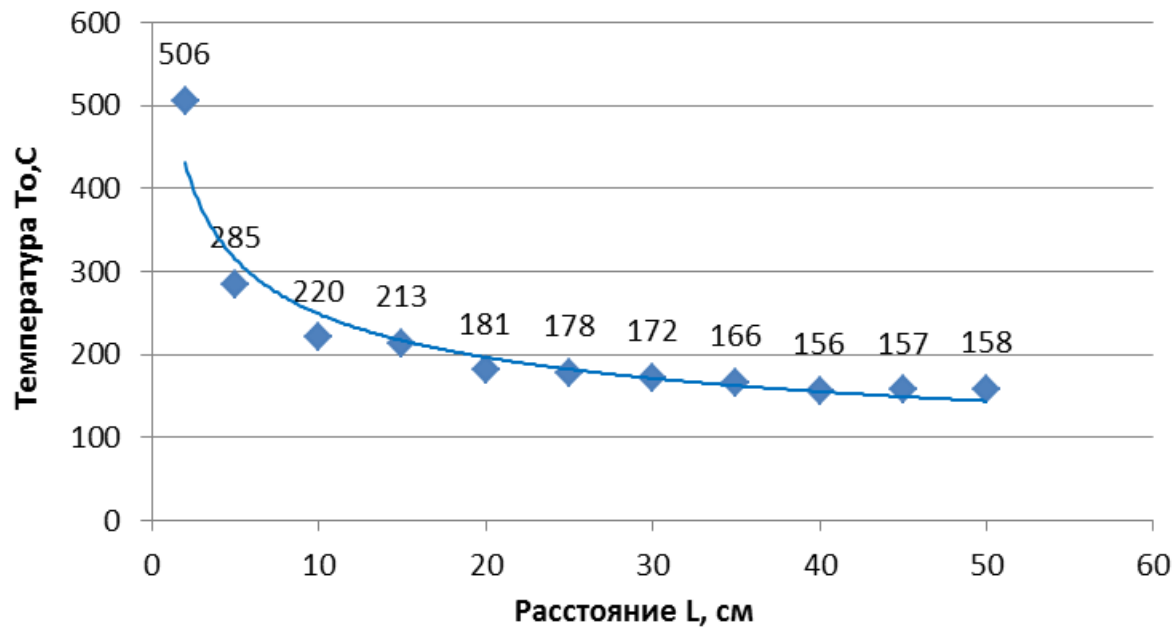
1- кварцевая труба, 2- завихритель, 3,4- электроды, 6- клапан, 7- расходомер, 8- компрессор, 9,10- источник питания, 17- термопара, 18-20- теплообменник



**Режим изучения охлаждения выходного газового потока на ПВР с помощью длиной измерительной трубки (1) диаметром 20мм и длиной 1000мм. 1-измерительная кварцевая трубка (теплообменник), 2- выходное сопло, 3-основной рабочий кварцевый канал диаметром 20мм, 4- зивихритель, 5- осевая подача газа, 6- В/В делитель, 7-тангенциальная подача газа, 8- инжектор пара**



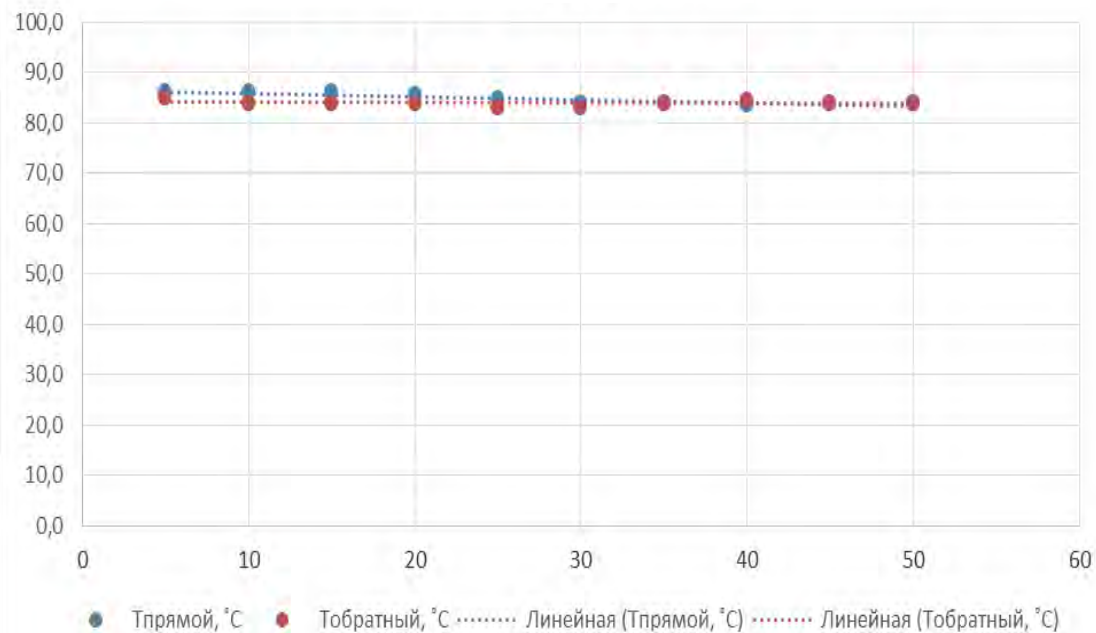
### Эксперимент 3



Охлаждение ГП в длинном кварцевом канале.

**Воздух+ водяной пар.**

Охлаждение ГП в длинном кварцевом канале.  
**Чистый аргон.**



Часть 2

# **ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЕ ЗА УВ В СНП**

(НЕЗАСЛУЖЕННО ЗАБЫТЫЙ МАТЕРИАЛ)

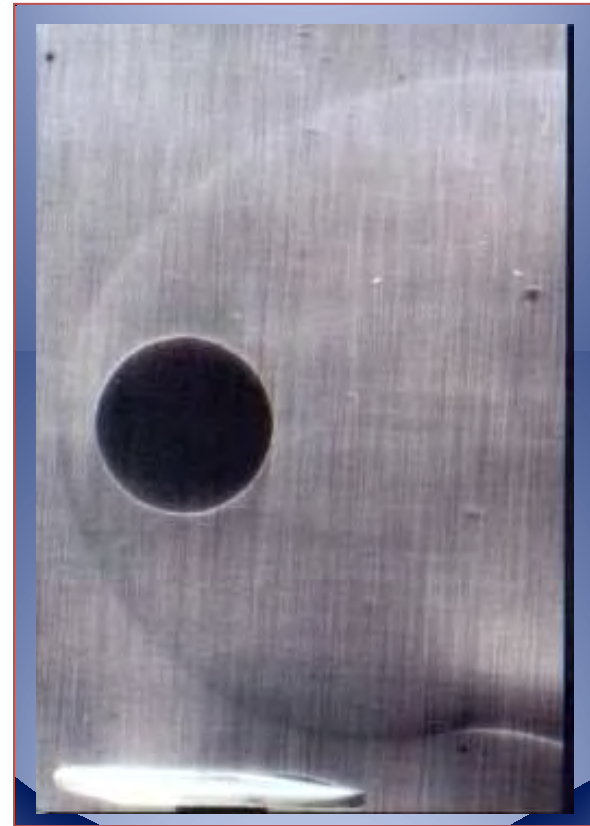
# MPA. 1978-1980. Effect of Weakly Ionized Plasma on Flow Around Sphere

Ioffe Institute Ballistic Range Tests Showing Effects of Ionization  
Velocity = 2000 m/s, Pst~ 40-200Torr, HFD, DC

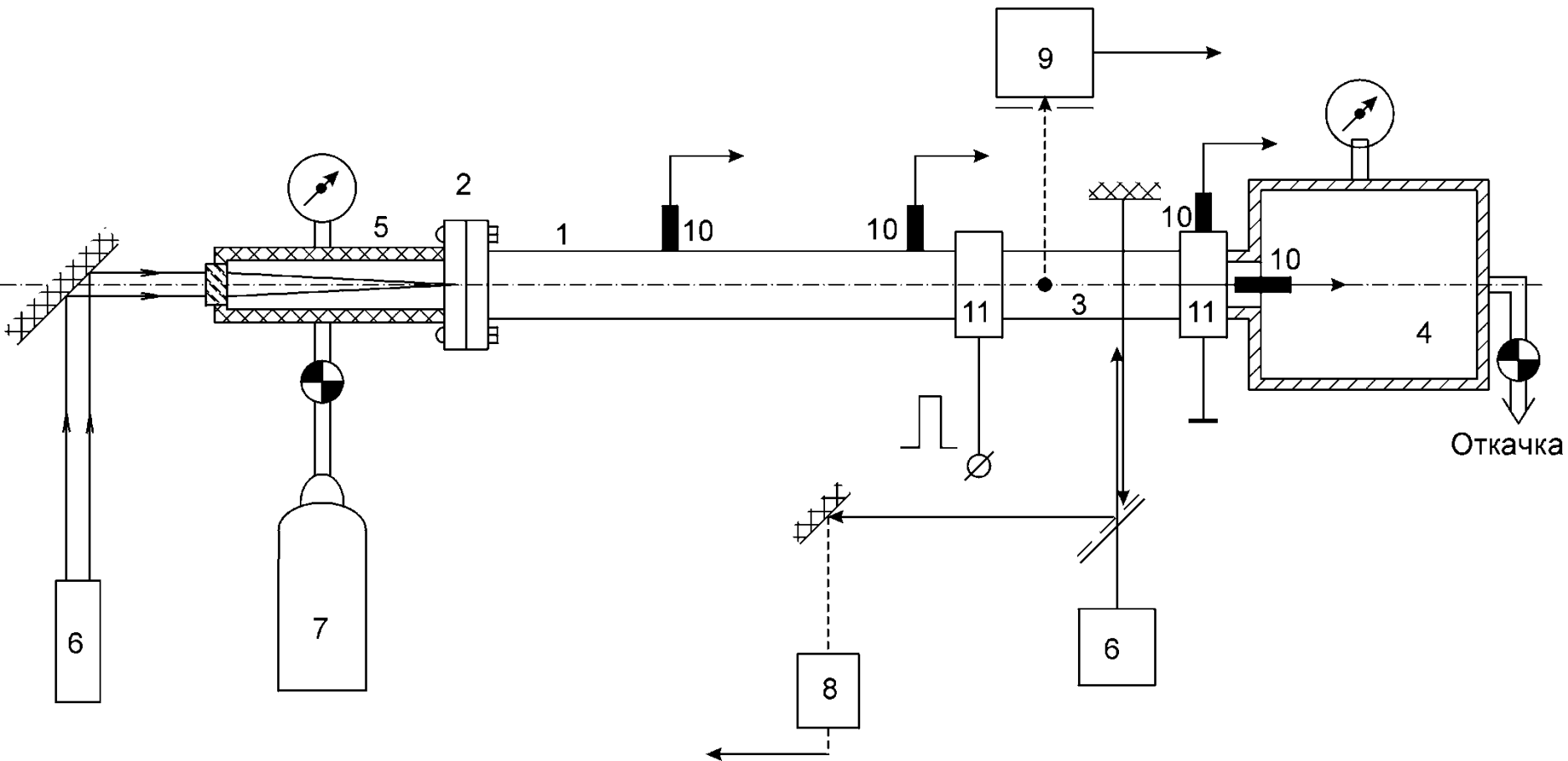
Without Pre-ionization



With Pre-ionization







**Схема экспериментальной установки УТ-1.**

1– камера низкого давления; 2– диафрагменный блок; 3– РС (разрядная секция); 4– демпфирующая секция; 5– камера высокого давления; 6– лазер; 7– баллон со сжатым газом; 8– фотоприемник; 9– МДР-23; 10– пьезодатчики; 11– электроды



В экспериментах на УТ в рабочей секции трубы получался поперечный ИР со следующими характеристиками:

- средняя плотность тока  $j_d \leq 40 \text{ мА/см}^2$ ,
- время горения разряда  $t_{\text{гор}} \leq 1 \text{ мс}$ ,
- длительность импульса разряда  $\tau_p \sim RC \approx 0,1 \div 1 \text{ с}$ ,
- исследуемый газ - азот, аргон, воздух, начальное давление  $P_{\text{ст}} \leq 30 \text{ Тор}$ .

В указанном ИР при малых временах  $t_{\text{гор}}$  удалось свести к минимуму нагрев газа в разряде, а также можно было легко контролировать величину энергии, вложенную в разряд. При малых величинах удельного энерговклада  $q$  в разряд:



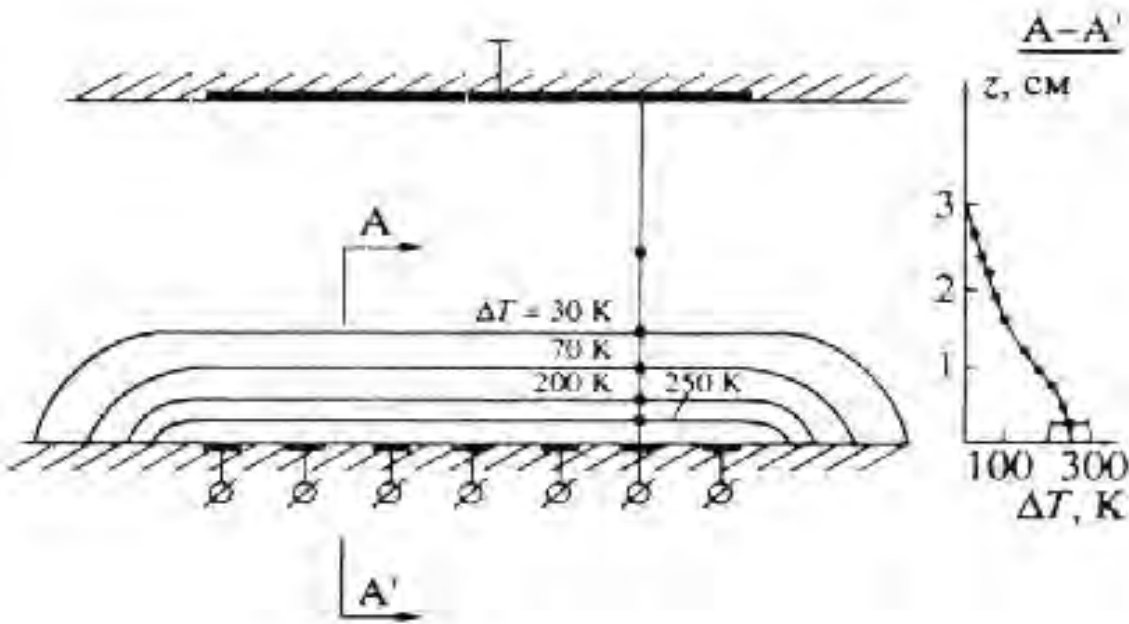
где  $h_0$ - начальная энтальпия газа,

$j$  - средняя плотность тока в разряде,

$E$ - средняя напряженность электрического поля,

можно свести к минимуму роль детонационных процессов в возбужденном газе и выявить роль специфических плазменных механизмов, влияющих на эволюцию и структуру УВ в СНП.

Использовались плоские УВ со скоростями  $V_0 = 400 \div 1500 \text{ м/с}$ .



## Распределение газовой температуры в поперечном ИР на УТ-2 воздух, 6 Тор, $j = 30 \text{ mA/cm}^2$

Электронная концентрация  $N_e \sim 2 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-3}$

Электронная температура  $T_e = 1-2 \text{ эВ}$

Параметр  $E/P$

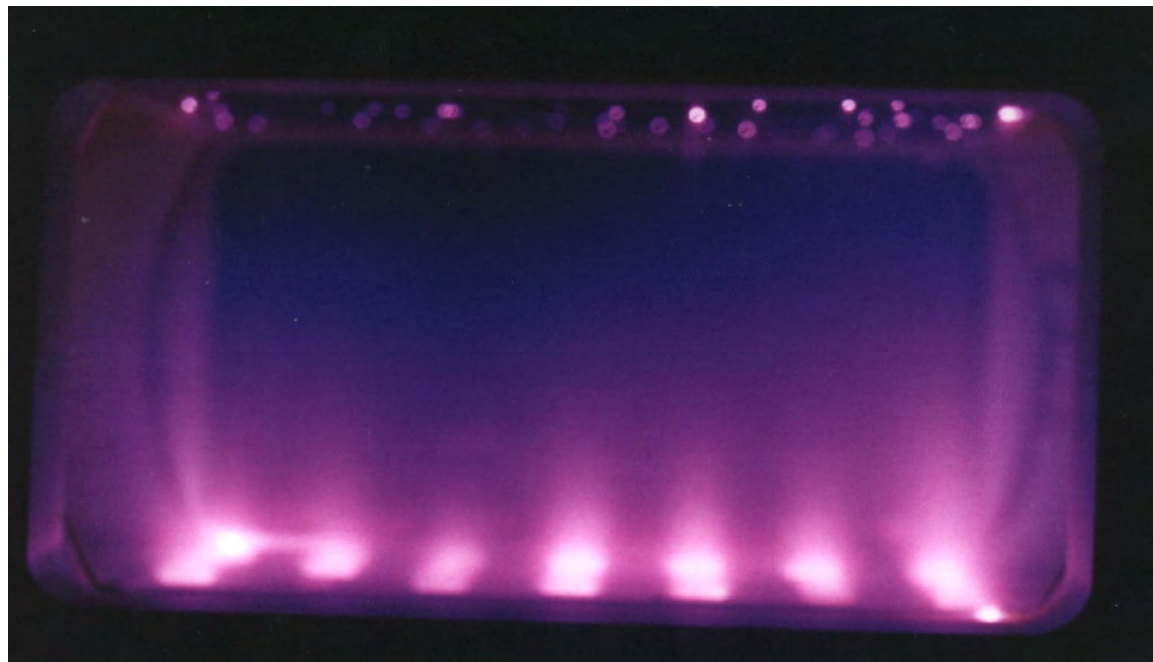
при  $P_0 < 3 \text{ Торр}$

10 ÷ 20 В/см

Торр

при  $P_0 > 6 \text{ Торр}$

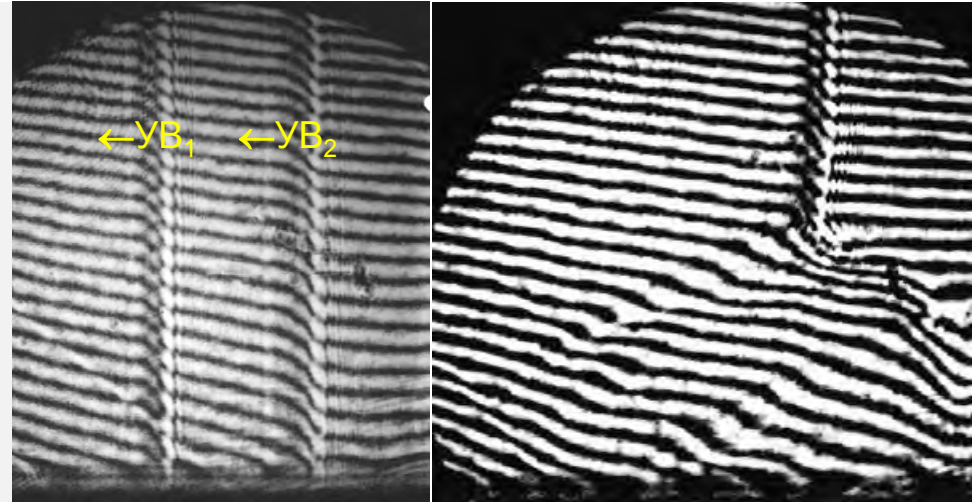
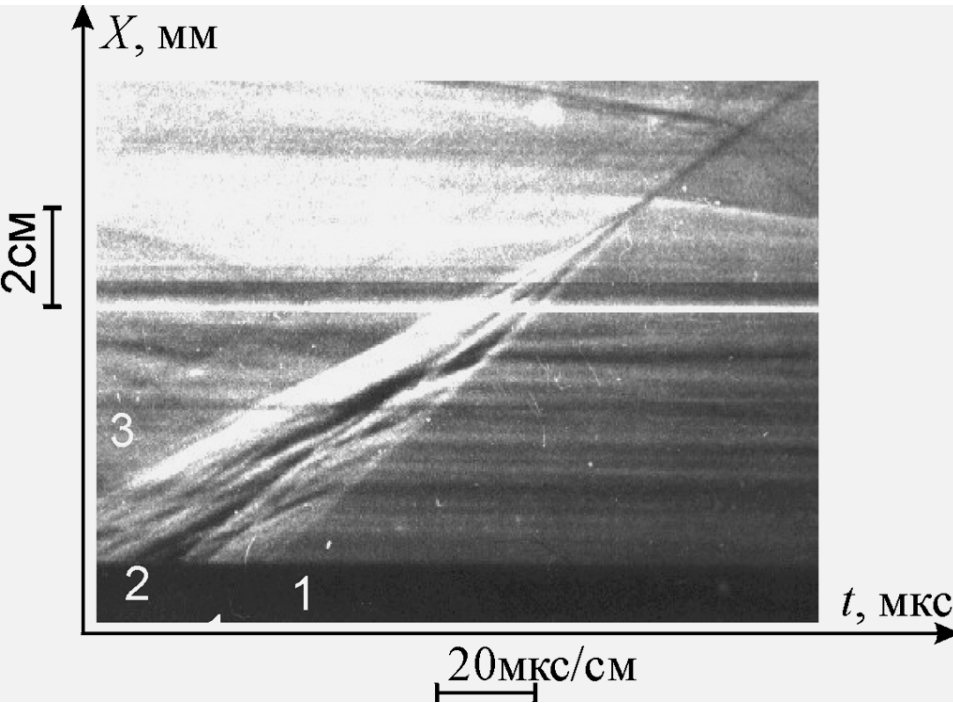
5 ÷ 8 В/см Торр



$$N_e/N_g < 10^{-6}$$

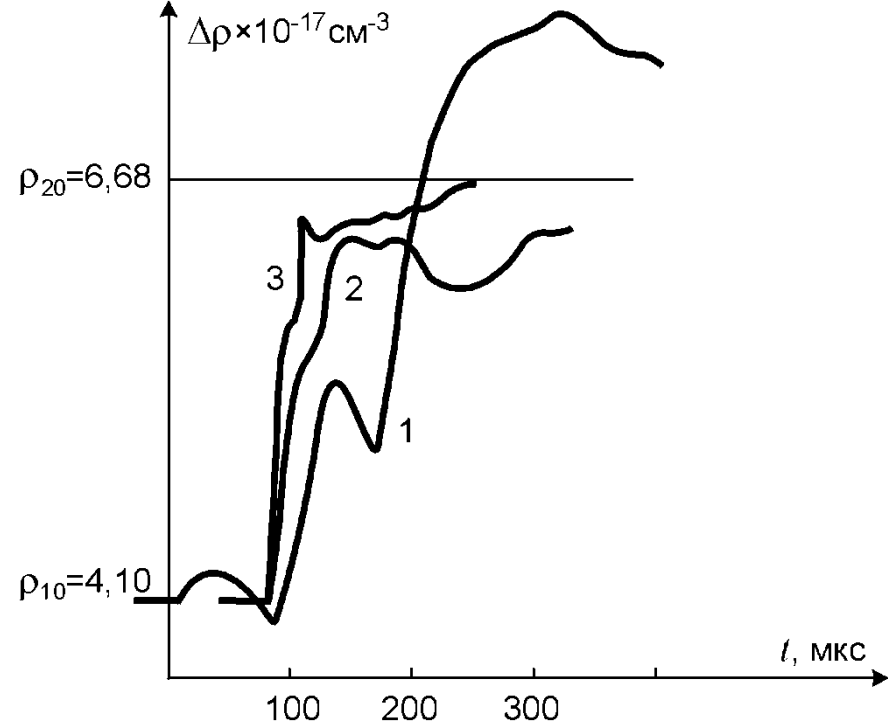
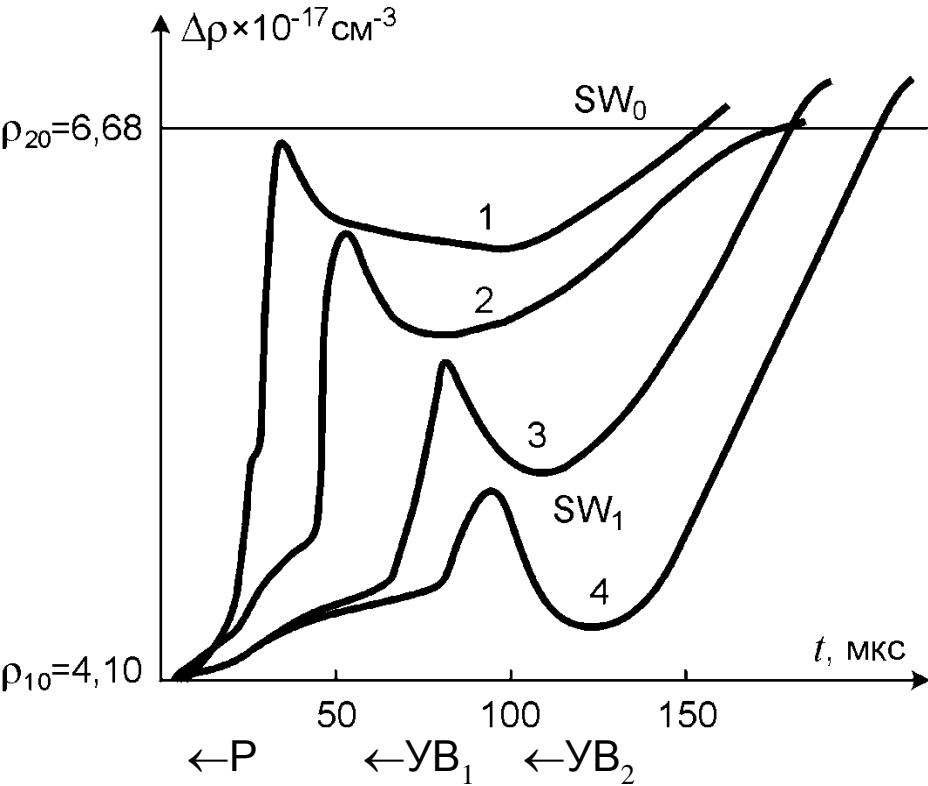
$$q/C_p T_g < 0,1 \div 0,3$$

# Структура УВ в СНП. 1978-1980



УВ в плазме ИР,  $P_{ст} = 12 \text{ Тор}$ ,  $j \sim 30 \text{ мА/см}^2$ ,  
 $t_{гор} \sim 1 \text{ мс}$  (справа),  $t_{гор} \sim 0,2 \text{ мс}$  (слева),  
 $V_0 = 1250 \text{ м/с}$ , катод – внизу

Фоторазвертки движения УВ в СНП в воздухе :  
 - ИР,  $P_0 = 30 \text{ Тор}$ ,  $j_p \approx 100 \text{ мА/см}^2$ ,  $t_{гор} \leq 1 \text{ мс}$ ;  
 $M_0 \sim 2$ .  
 1- предвестник, 2- основная волна, 3-  
 контактная поверхность (плазма- холодный газ)



## Эволюция УВ в СНП ИР на УТ-2. Распределение плотности за УВ:

В плазме (вверху), 1-  $X = 50$  мм, 2-  $X = 75$  мм, 3-  $X = 100$  мм, 4-  $X = 125$  мм.

В воздухе за плазменной областью (внизу), 1-  $X^* = 0$  мм, 2-  $X^* = 25$  мм, 3-  $X^* = 50$  мм,  
 $X^*$  отсчитывается от дальнего конца плазменной области



## Структура УВ в СНП поперечного разряда

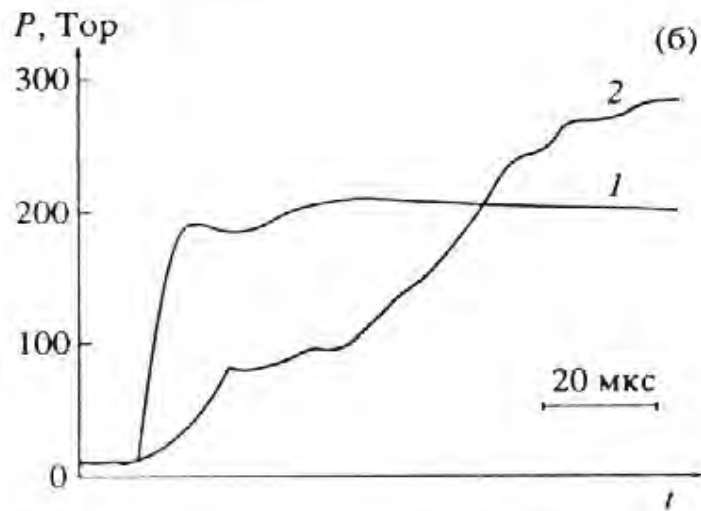
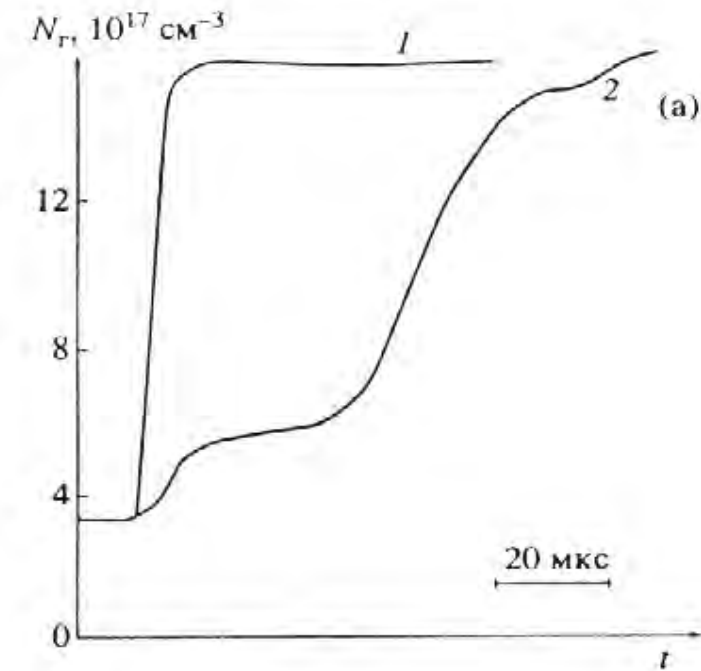


Рис. 4.3.4. Эпюры плотности (а) и давления (в),  $X=150$  мм,  $Z=30$  мм,  $P_{\text{ст}}=12$  Тор,  $j \sim 30$  мА/см<sup>2</sup>,  $t_{\text{гор}} \sim 1$  мс, воздух,  $V_0=1250$  м/с, 1- без плазмы, 2- в плазме

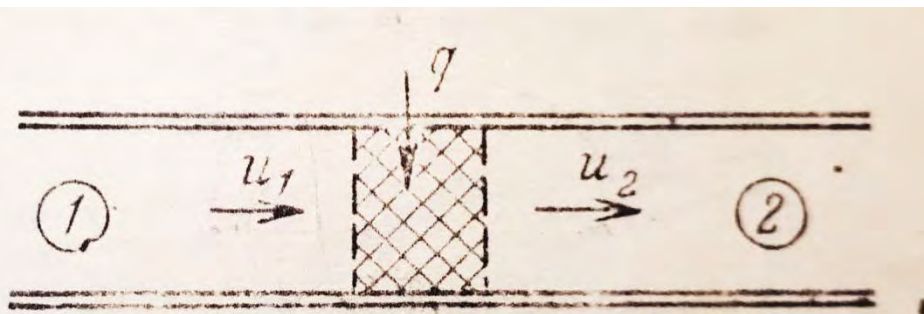


Рис. 3.1. Течение в трубе с подводом теплоты.

Основные уравнения стационарного одномерного течения с подводом теплоты отличаются от течения без подвода теплоты только аддитивным членом в уравнении сохранения энергии и имеют вид:

уравнение неразрывности

$$\rho_2 u_2 = \rho_1 u_1; \quad (3.1)$$

уравнение импульсов

$$p_2 + \rho_2 u_2^2 = p_1 + \rho_1 u_1^2; \quad (3.2)$$

уравнение энергии

$$\frac{u_2^2}{2} + i_2 = \frac{u_1^2}{2} + i_1 + q. \quad (3.3)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{u_2}{u_1} &= M_1 - \frac{1}{\kappa + 1} \frac{1}{M_1} \left[ (M_1^2 - 1) \pm \right. \\
 &\left. \pm \sqrt{(M_1^2 - 1)^2 - 2(\kappa + 1) M_1^2 \frac{q}{c_p T_1}} \right]; \\
 \frac{p_2}{p_1} &= 1 + \frac{\kappa}{\kappa + 1} \left[ (M_1^2 - 1) \pm \right. \\
 &\left. \pm \sqrt{(M_1^2 - 1)^2 - 2(\kappa + 1) M_1^2 \frac{q}{c_p T_1}} \right]; \\
 \frac{\rho_1}{\rho_2} &= 1 - \frac{1}{\kappa + 1} \frac{1}{M_1^2} \left[ (M_1^2 - 1) \pm \right. \\
 &\left. \pm \sqrt{(M_1^2 - 1)^2 - 2(\kappa + 1) M_1^2 \frac{q}{c_p T_1}} \right]; \\
 \frac{T_2}{T_1} &= \left( \frac{c_2}{c_1} \right)^2 = \frac{p_2}{p_1} \frac{\rho_1}{\rho_2},
 \end{aligned} \right\} (3.4)$$

где  $M_1 = u'/c_1$  — число Маха набегающего потока (перед фронтом реакции).

уравнений (3.4). Параметром является безразмерная величина подведенной теплоты

$$Q_1 = q / (c_p T_1), \quad (3.5)$$

которую иногда называют числом Дамкелера. Если учи-

Параметры УВ	УВ <sub>1</sub> в СНП	УВ <sub>2</sub> в СНП	УВ <sub>0</sub> без плазмы
$\rho_2/\rho_1$	3,5 1,73*	1,7 2,41*	4,73
$P_2/P_1$	10 ÷ 14	2,42 ÷ 3	21,4
$V_0$ , м/с	1600 1800*	1000 1260*	1500
M	4,6 5,2*	-	4,3

Соответственно, для УВ<sub>1</sub> и УВ<sub>2</sub> имеем

$$q_1 = 4,2 \quad h_1 = 1,5 \text{ кДж/г,}$$

$$q_2 = -0,42 \quad h_2 = -1,3 \text{ кДж/г}$$

при  $\gamma$ ,  $c_p$  - *const.*

В нашем эксперименте

$$q < 0,34 \quad h_0 = 0,34 \quad C_{p0} T_{g0}$$

***Parameters of P:***

<b>Parameters</b>	<b>P</b>	<b>SW<sub>o</sub></b>
$\rho_2/\rho_1$	<b>1,07</b>	<b>1,76</b>
$P_2/P_1$	<b>1,46</b>	<b>2,25</b>
<b>V,mps</b>	<b>1000</b>	<b>500</b>
<b>Q/C<sub>p</sub>T</b>	<b>0,26</b>	<b>0</b>

$$\rho_1/\rho_2 = 1 - [(\gamma + 1)M^2]^{-1} \{ (M^2 - 1) \pm \sqrt{(M^2 - 1)^2 - 2(\gamma + 1)q/C_p T} \}$$

**Namely sign (-) corresponds to experimental results!!**

**P is plasma condensation wave(?)**

**Present theory does not describe these peculiarities of cold non equilibrium plasma, created by pulse discharge.**

Для  $УВ_1$  измеренное значение скорости  $V_1$  лишь немного превышало значение, рассчитанное по известной формуле [6]:

m/s

m/s



Часть 3

# ГИПОТЕЗЫ И ВЫВОДЫ

# Выводы

1. Экспериментальные результаты на ПВР и УТ имеют взаимную корреляцию по энергосвободению в пространстве
2. Были сделаны предположения, что процесс энергосвободения в плазменных потоках может быть связан со специфическими процессами «плазменной конденсации, ПК» с образованием заряженных возбужденных нано-кластеров, их зарядкой и рекомбинацией заряженной компоненты в ГП
3. Процессы взаимодействия протонов (ионов водорода) с этими кластерами являются основой LENR

Спасибо за внимание