

# Измерение газодинамических параметров разогретого газа в щели применительно к Баженовской свите

А.А. Таирова, Г.В. Беляков

ИДГ РАН

Москва  
2019

# Постановка задачи

Под действием высокой температуры ( $>100^{\circ}\text{C}$ ) сланцевые углеводороды переходят в газовую и жидкую фазу, которые возможно извлечь скважинным способом.

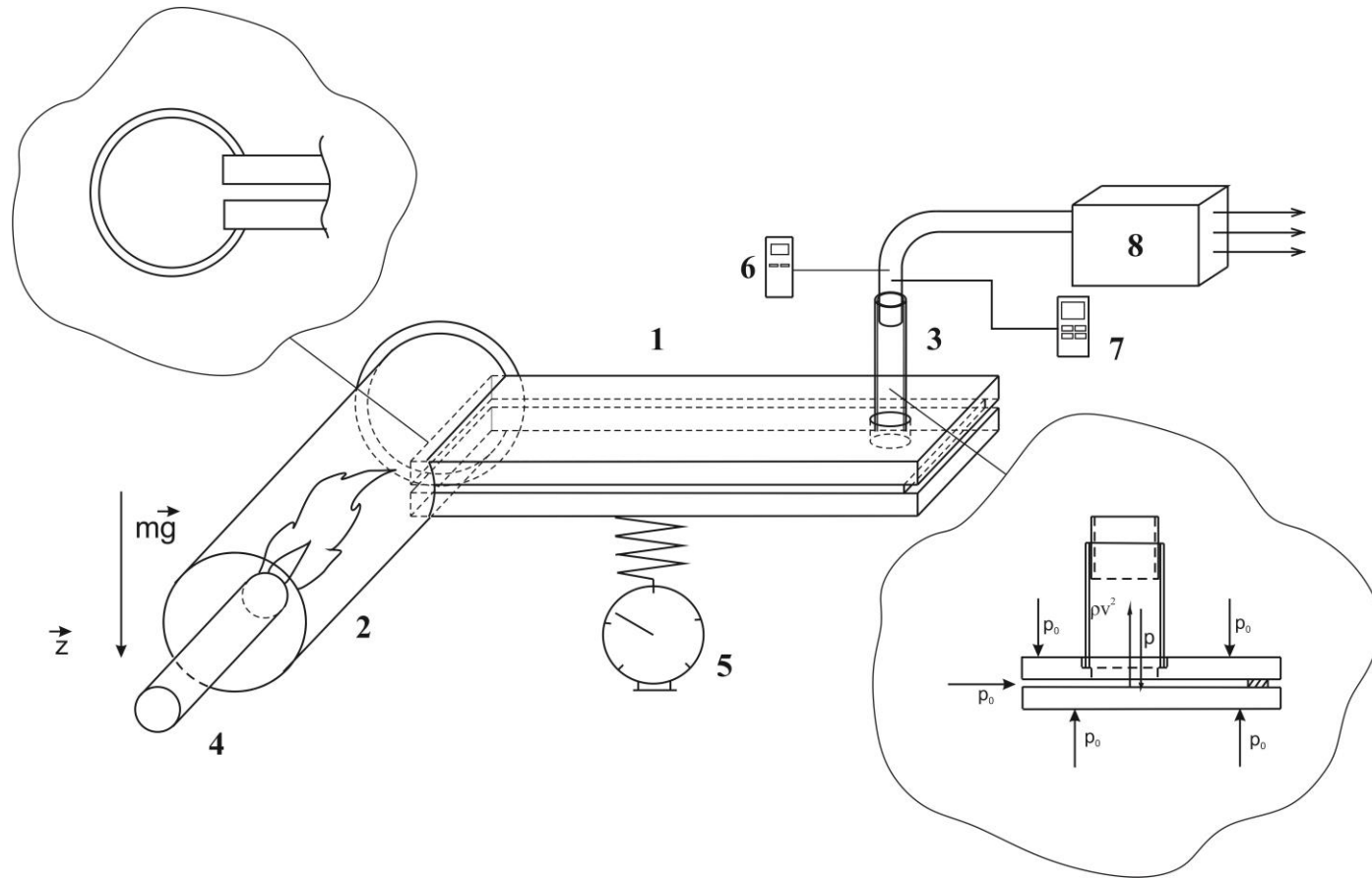
Тепловым воздействием на сланцы может быть либо экзотермическая реакция горения самих сланцев, либо горение подводимого к ним с дневной поверхности горючего газа. Для поддержания реакции необходимо подвести окислитель к пласту.

Для того, чтобы произвести продувку и нагрев материала сланца горячими продуктами горения можно использовать технологию гидроразрыва пласта.

Для оптимизации процесса разложения материала пласта необходимо понимать как в трещине происходит взаимодействие разогретых газовых потоков и углеводородных фаз пластового материала.

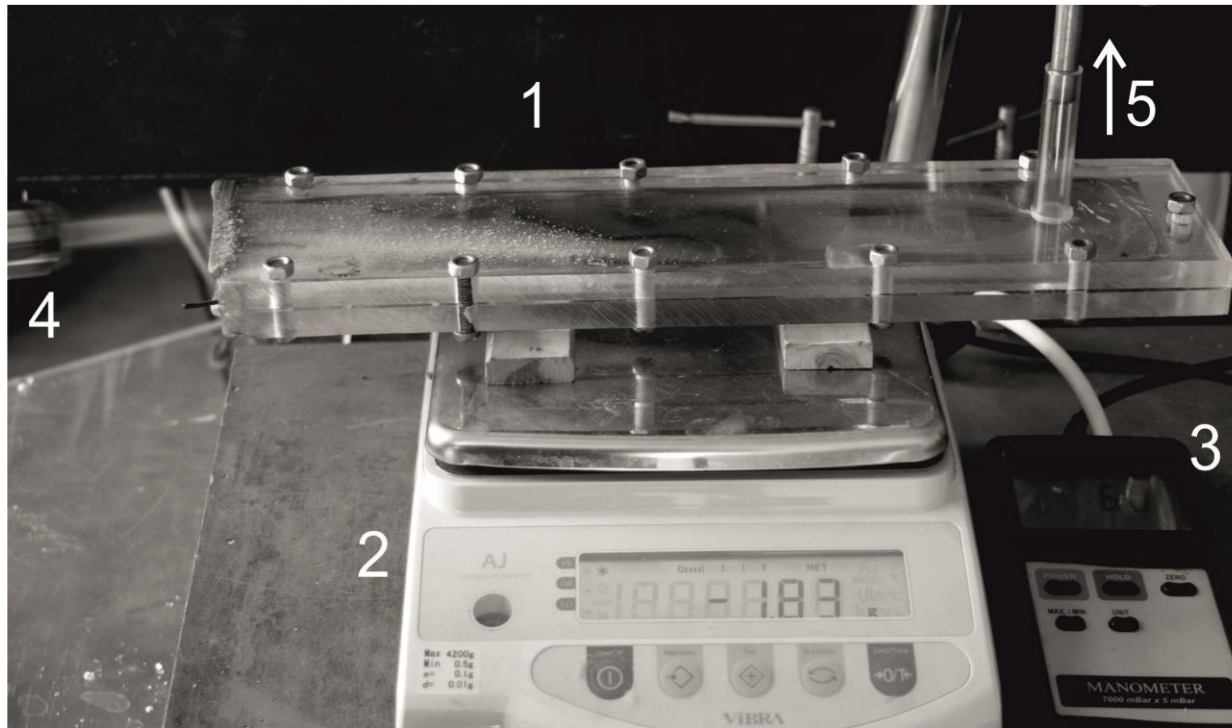
Основной задачей является определение величины потока углеводородного материала, уносимого воздействующим на него спутным течением горячего газа.

# Схема экспериментальной установки



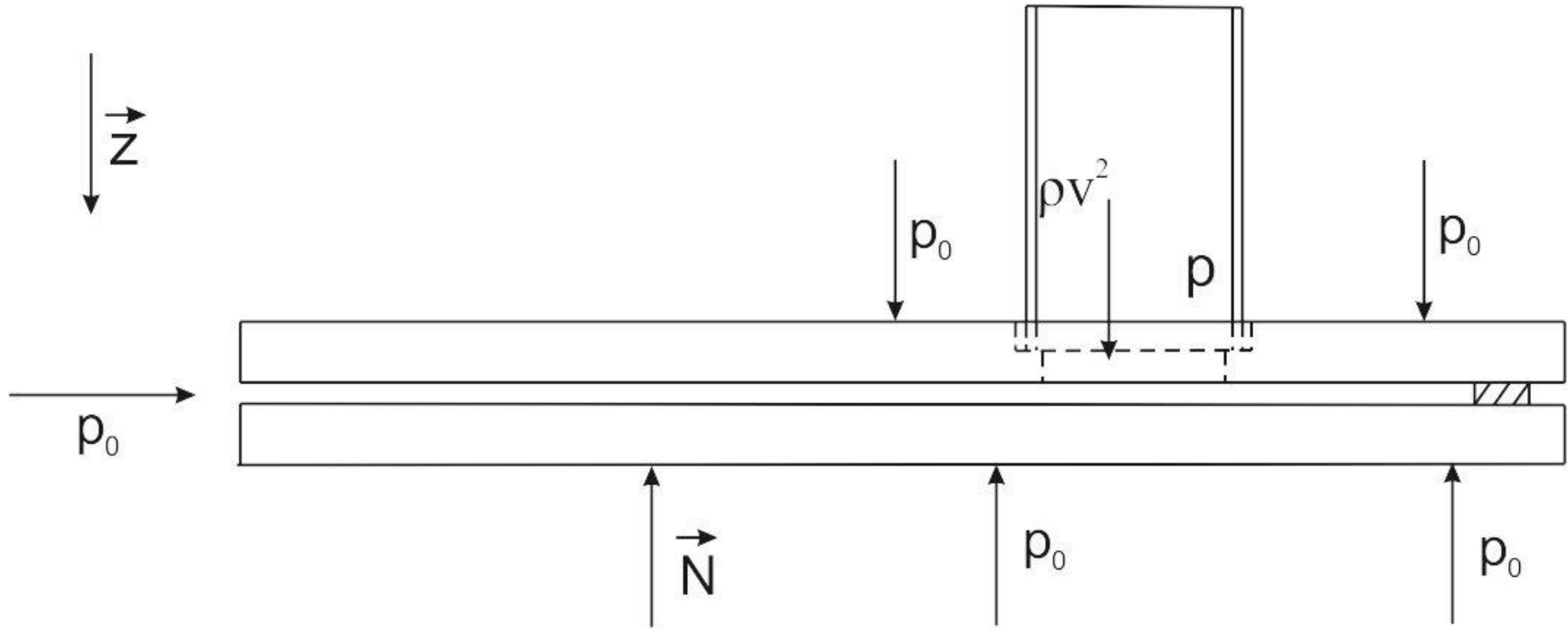
1– ячейка, 2 – кварцевый стакан (камера сгорания), 3 – кварцевая трубочка, независимо соединенная с турбонасосом, 4 – газовая горелка, 5 – весы, 6 – манометр, 7 – термометр, 8 – турбонасос

# Экспериментальная установка



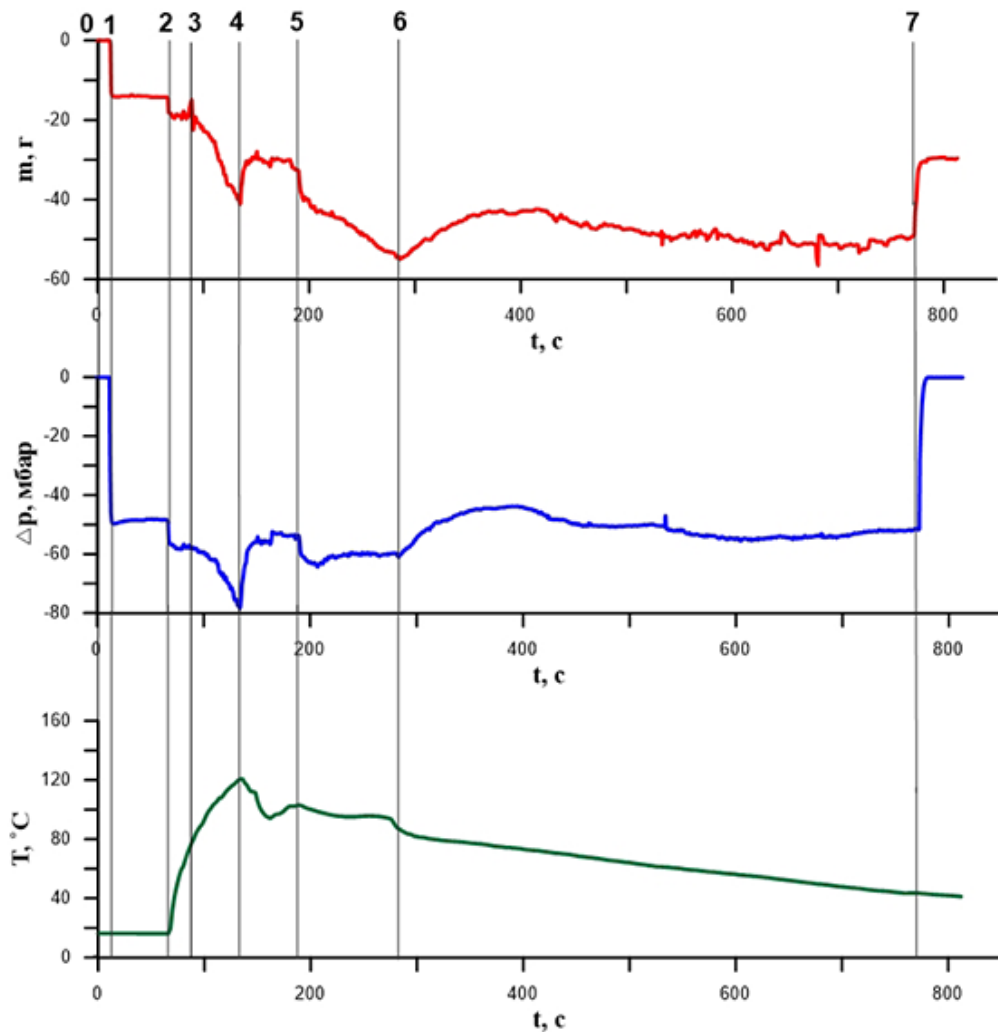
1– ячейка, 2 – весы, 3 – манометр, 4 – газовая горелка, 5 – кварцевая трубочка

# Схема ячейки



$$-N + \dot{m}gt = -(p_0 - p)S + \rho v^2 S$$

# Результаты экспериментов



Записи **весов**, **манометра** и **термометра**, полученные в ходе эксперимента.

- 1 – включение насоса,
- 2 – включение горелки,
- 3 – начало испарения материала ячейки,
- 4 – выключение горелки,
- 5 – включение горелки,
- 6 – выключение горелки,
- 7 – выключение насоса

$$v_0 = \sqrt{\frac{\frac{-N}{S} + (p_0 - p)}{\rho}} = 52 \text{ м/с}$$

$$v_c = 33 \text{ м/с}$$

# Результаты



$$v^* = 2,41 \text{ м/с}$$

$$q_+ = \frac{Q \cdot \hat{m}}{S^*} = \frac{2 \cdot 10^{10}}{S^*} \text{ эрг/}(\text{с} \cdot \text{см}^2)$$

расход газового потока

$$j = \rho v_3 S \approx 6 \text{ г/см}^2 \cdot \text{с}$$

расход топлива в горелке

$$\gg \hat{m} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ г/с}$$

# Результаты

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} m = \dot{m} = S \rho v = S j = const \\ \Delta(p + jv) = 0 \rightarrow \Delta p \\ \Delta \left[ j \left( \frac{v^2}{2} + \frac{\gamma p}{(\gamma - 1) \rho} \right) \right] = q_+ - q_- \end{array} \right.$$

$$\Delta v = \frac{(\gamma - 1) \cdot \Delta q}{\rho(c^2 - v^2)}$$

$$\Delta v \sim 12 \text{ м/с}$$

скорость нагретого потока

$$v_q = 64 \text{ м/с}$$

расход газового потока

$$j = \rho v_3 S \approx 6 \text{ г/см}^2 \cdot \text{с}$$

расход топлива в горелке

$$\hat{m} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ г/с}$$

≫



# Оценки КПД

унесенная масса

$$m \approx 15\text{г}$$

скорость испарения  
поверхности материала

$$\frac{dN}{gdt} = \text{const} = \dot{m} = 0.16\text{г/с}$$

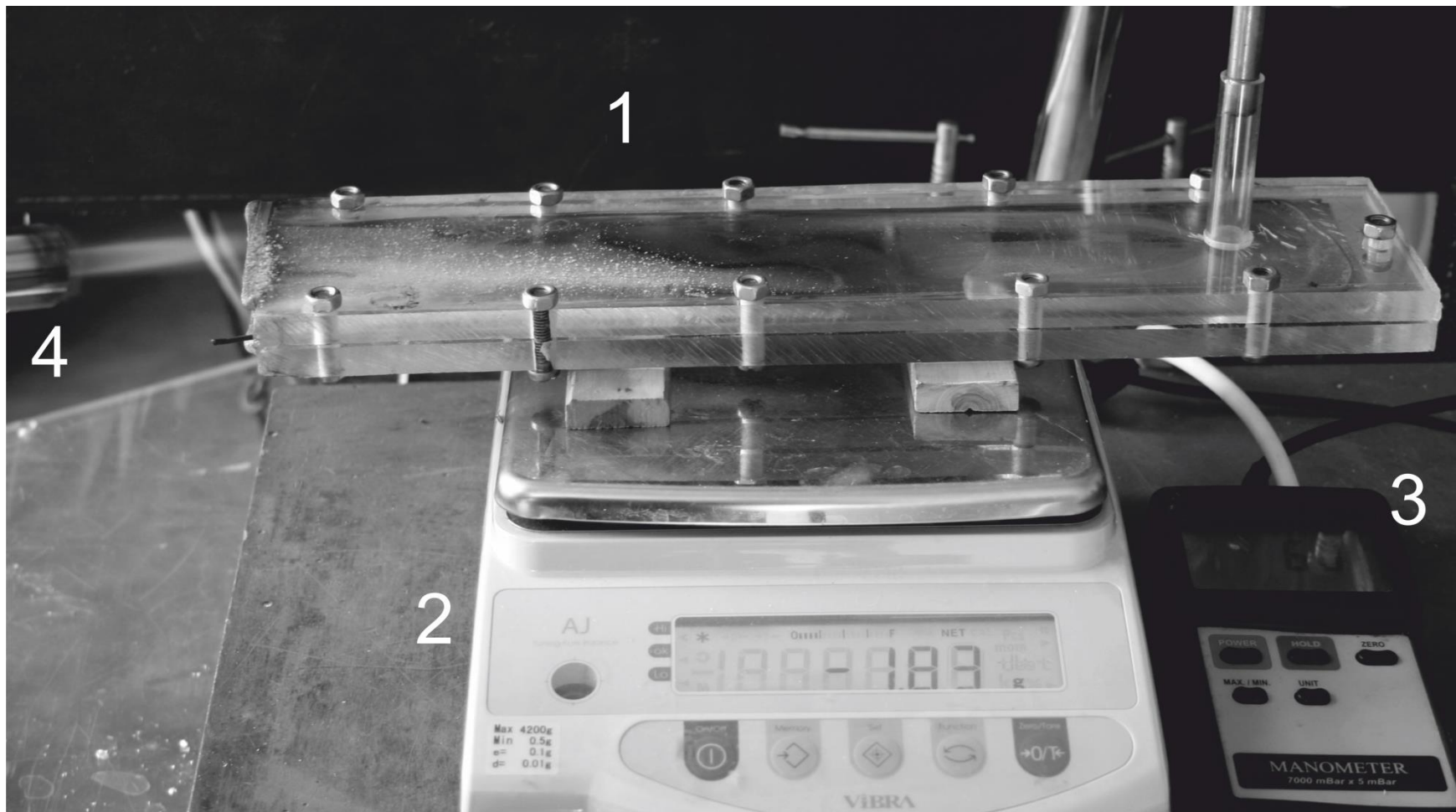
масса сгоревшей  
пропан-бутановой смеси

$$\hat{m}\Delta t = 0,05 \cdot 93 = 4,65\text{г}$$

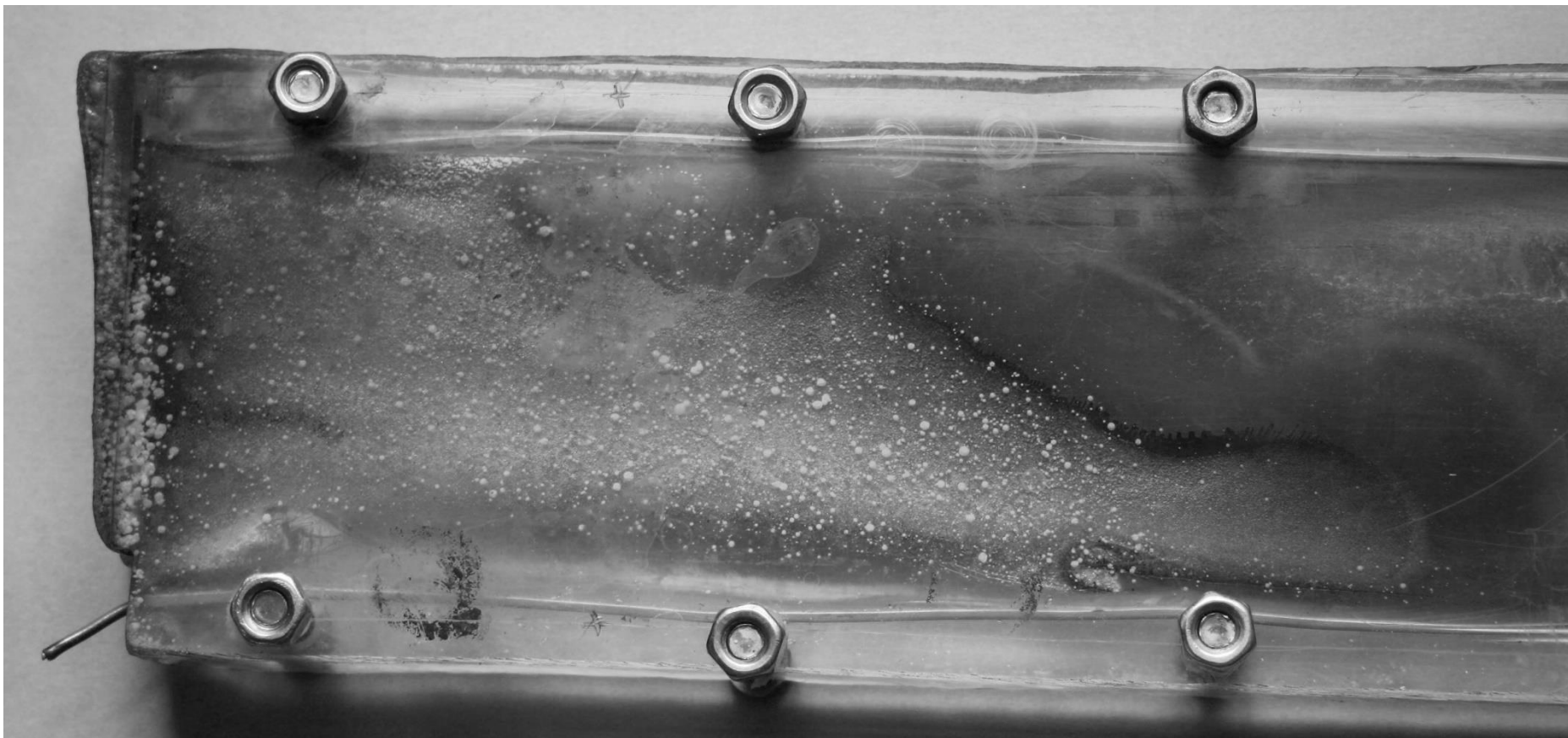
$$\eta = \frac{15 - 4,65}{15} \cdot 100\% = 70\%$$

Благодарю за внимание

# Приложение



# Приложение

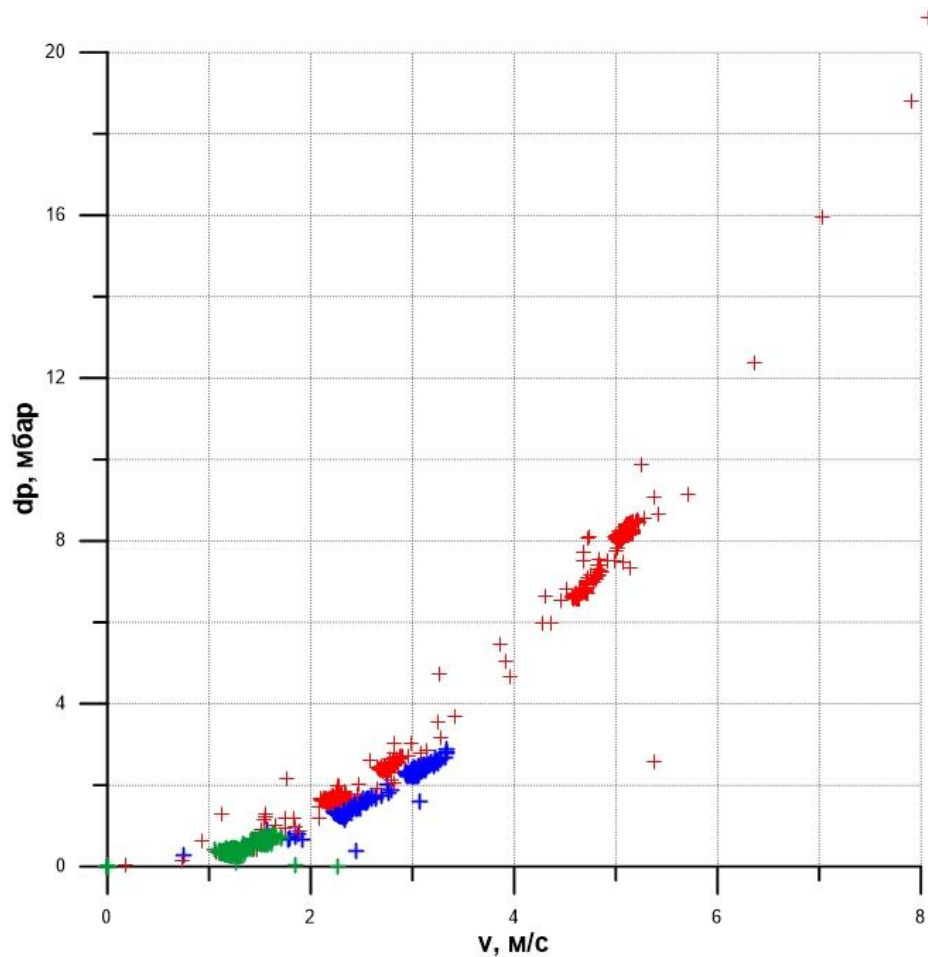


# Приложение

$$\frac{\sigma_{\text{тр}}}{(p_0 - p)S} \approx \frac{\delta}{l} \approx 3 \cdot 10^{-2}$$

$$q = \frac{Q \cdot \hat{m}}{S^*} = \frac{2 \cdot 10^{10}}{S^*}$$

# Зависимость скорости от перепада давления



$$\rho = const$$