

Отчет по лабораторной работе МодТ-01 ВЫТЕКАНИЕ ЖИДКОСТИ ИЗ МАЛОГО ОТВЕРСТИЯ

студента(ки) _____ гр. _____
Фамилия И.О.

ДОПУСК	ДАННЫЕ	РЕЗУЛЬТАТЫ
дата, подпись преподавателя	дата, подпись преподавателя	дата, подпись преподавателя

Цель работы: изучение явления вытекания идеальной несжимаемой жидкости из малого отверстия и движение струи жидкости под действием силы тяжести. Определение площади отверстия, плотности жидкости и концентрации примеси в ней.

Краткое теоретическое содержание работы

_____ жидкость
называется *идеальной*. Жидкость считается *несжимаемой*, если _____

_____ Течение жидкости называется ламинарным, если _____

_____ Течение жидкости называется стационарным, если _____

_____ *Уравнение неразрывности* для идеальной несжимаемой жидкости:

где v_1 – _____ v_2 – _____

S_1 – _____ S_2 – _____

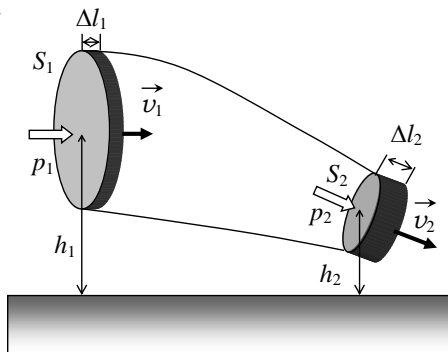
Уравнение Бернулли для стационарного течения жидкости:

где ρ – _____

v – _____

h – _____

p – _____



Истечение идеальной несжимаемой жидкости через отверстие в стенке сосуда

Скорость истечения жидкости

$v_2 =$

при условии _____,

где S_1 – _____

h – _____

ρ – _____

M – _____

Формула Торричелли: $v_2 =$

Зависимость скорости истечения жидкости из малого отверстия от времени:

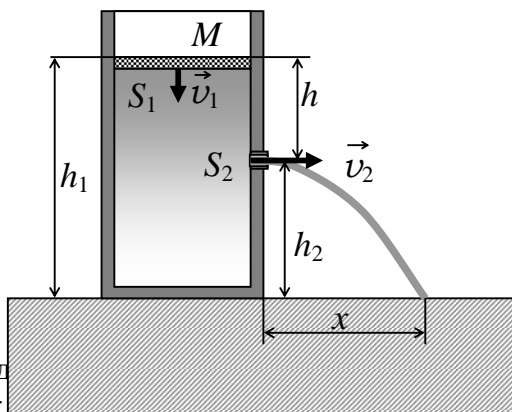
$v_2 =$

где h_0 – _____

Если площадь поперечного сечения S_2 отверстия мала, и сопротивлением воздуха можно пренебречь, струю жидкости, покинувшую сосуд, можно описать как совокупность независимых материальных точек, вылетающих из отверстия с горизонтально направленной скоростью. Тогда зависимость дальности падения струи жидкости от времени

$x =$

где h_2 – _____



Зная время вытекания жидкости Δt и длину следа ΔX , можно определить площадь отверстия S_2

$$S_2 =$$

Из графика зависимости $(X_{\max} - R_2)^2$ от массы поршня M по тангенсу угла наклона $\operatorname{tg} \alpha$ графика можно определить плотность жидкости

$$\rho =$$

где $h_2 -$ _____, $S_1 -$ _____

Концентрация примесей η

$$\eta =$$

где $\rho_0 -$ _____

Эксперимент

В данной работе с помощью средств компьютерной графики моделируется процесс вытекания идеальной несжимаемой жидкости из цилиндрического сосуда через круглое отверстие малого диаметра (ламинарное течение). Сопротивление окружающей среды отсутствует. Движение жидкости вне сосуда моделируется как движение совокупности независимых материальных точек. Жидкость накрыта поршнем, который может двигаться в сосуде без трения.

Начальные данные

Вариант № _____

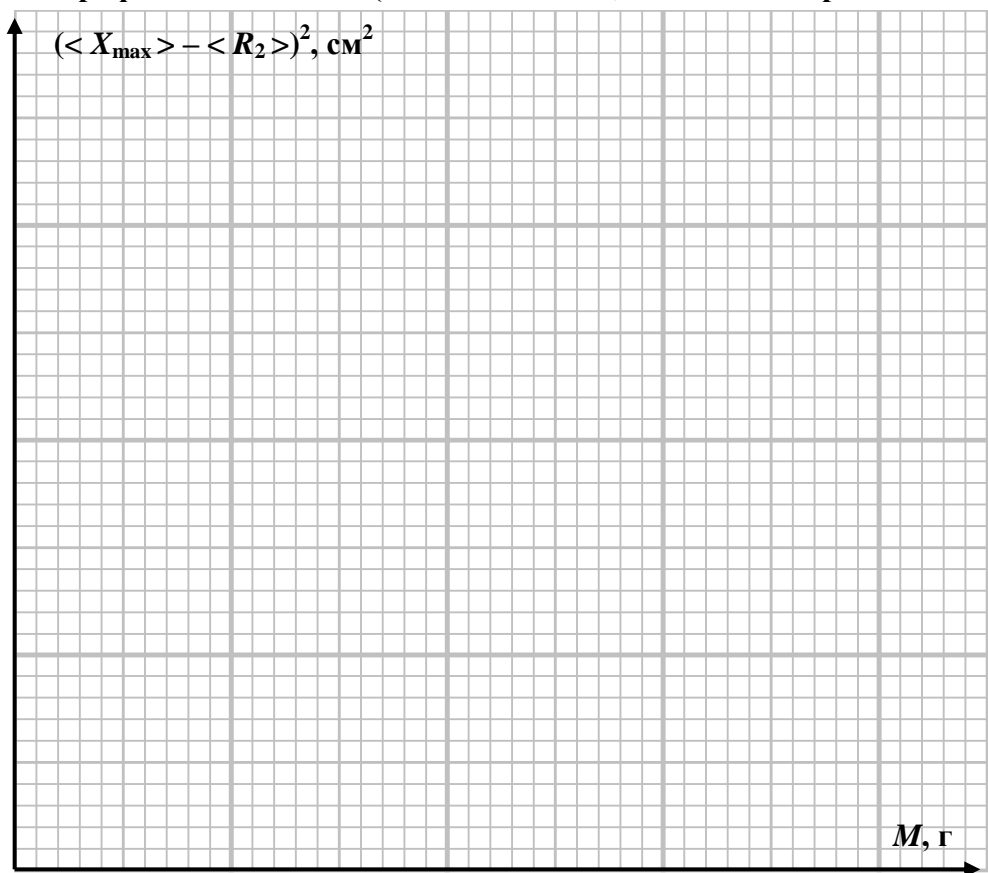
Жидкость	Плотность, г/см ³	Объем, см ³	Первоначальная высота столба жидкости, см

Сосуд	Диаметр сосуда, см	Площадь основания сосуда, см ²	Диаметр отверстия, см	Площадь отверстия, см ²	Высота, на которой расположено отверстие от дна сосуда, см
№ _____					

Масса поршня M , г				Время вытекания жидкости Δt , с				Максимальная дальность падения струи X_{\max} , см				Минимальная дальность падения струи X_{\min} , см				Длина следа ΔX , см				Площадь отверстия S_2 , см^2				Средняя максимальная дальность падения струи $< X_{\max} >$, см				$(< X_{\max} > - < R_2 >)^2$, см^2
Среднее значение площади отверстия $< S_2 >$:																												
Среднее значение радиуса отверстия $< R_2 >$:																												

* По данным этой серии измерений вычислять погрешность.

График зависимости $(\langle X_{\max} \rangle - \langle R_2 \rangle)^2$ от массы поршня M



Из графика $\text{tg } \alpha =$

Плотность $\rho =$

Концентрация примеси $\eta =$

Концентрация примеси в процентах $\eta \cdot 100\% =$

Обработка результатов

Для расчета погрешности выбирают данные из эксперимента со средним значением массы поршня*.

Δt_i – экспериментальные данные времени вытекания для одной и той же массы поршня; ΔX_i – экспериментальные данные длины следа для одной и той же массы поршня; $n = \underline{\hspace{2cm}}$ – количество экспериментов с одной и той же массой поршня.

- **Среднее время вытекания $\langle \Delta t \rangle$**

$$\langle \Delta t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_i =$$

- **Средняя длина следа $\langle \Delta X \rangle$**

$$\langle \Delta X \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i =$$

- **Дисперсия времени вытекания σ_t**

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\langle \Delta t \rangle - \Delta t_i)^2}{n(n-1)}} =$$

- **Дисперсия длины следа σ_X**

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\langle \Delta X \rangle - \Delta X_i)^2}{n(n-1)}} =$$

- **Случайная ошибка $\Delta t_{сл}$ и ошибка однократных измерений $\Delta t_{одн}$ времени вытекания**

$$\Delta t_{сл} = t_{\alpha n} \cdot \sigma_t = \quad ; \Delta t_{одн} = \alpha \cdot \Delta_{np} = 9,9 \cdot 10^{-4} \text{ с.}$$

где коэффициент Стьюдента $t_{\alpha n} = 5,84$; доверительная вероятность $\alpha = 0,99$; цена деления секундомера $\Delta_{np} = 1 \text{ мс}$.

- **Случайная ошибка $\Delta X_{сл}$ и ошибка однократных измерений $\Delta X_{одн}$ длины следа**

$$\Delta X_{сл} = t_{\alpha n} \cdot \sigma_X = \quad ; \Delta X_{одн} = \alpha \cdot \Delta_{np} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ см.}$$

где коэффициент Стьюдента $t_{\alpha n} = 5,84$; доверительная вероятность $\alpha = 0,99$;

цена деления линейки $\Delta_{np} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ см}$.

- **Погрешность измерения времени вытекания Δ_1**

$$\Delta_1 = \sqrt{(\Delta t_{сл})^2 + (\Delta t_{одн})^2} =$$

- **Погрешность измерения длины следа Δ_2**

$$\Delta_2 = \sqrt{(\Delta X_{\mathcal{C}\mathcal{L}})^2 + (\Delta X_{o\partial H})^2} =$$

- Относительная погрешность δ_S площади отверстия

$$\delta_s \equiv \frac{\Delta S_2}{\langle S_j \rangle} = \sqrt{\left(\frac{5\Delta_1}{\langle \Delta t \rangle}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta_2}{\langle \Delta X \rangle}\right)^2} =$$

- **Относительная погрешность в процентах**

$$\delta_S \cdot 100\% =$$

- **Абсолютная погрешность площади отверстия**

$$\Delta S_2 = \delta_S \cdot \langle S_2 \rangle =$$

Окончательные результаты:

Площадь отверстия $S_2 = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}} \text{ см}^2$;

Плотность жидкости $\rho =$ г/см³;

Концентрация примеси $\eta =$ _____ %.

Выводы:

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.