

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5: ЗАКОНЫ ТЕЧЕНИЯ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Студент группы _____

Допуск _____ Выполнение _____ Защита _____

Цель работы:

- Знакомство с компьютерной моделью течения идеальной жидкости.
- Экспериментальная проверка уравнений неразрывности и Бернулли.
- Экспериментальное определение расхода жидкости

Основные теоретические сведения

Идеальной жидкостью называется жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение.

Линией тока называется мысленно проведённая в потоке линия, касательная к которой в любой её точке совпадает по направлению с вектором скорости жидкости в этой точке.

Трубкой тока называется поверхность, образованная линиями тока, которые проведены через все точки замкнутого контура

Давлением p жидкости называется физическая величина, определяемая нормальной силой, действующей со стороны жидкости на единицу площади:

$$p = \frac{F}{\Delta S}$$

Если жидкость несжимаема, то её плотность не зависит от давления. Тогда при поперечном сечении S столба жидкости на глубине h при плотности ρ вес будет равен $P = \rho g S h$, а давление на нижнее основание равно

$$p = \frac{P}{S} = \frac{\rho g h S}{S} = \rho g h$$

которое называется гидростатическим давлением.

Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости имеет вид:

$$Sv = \text{const}$$

Уравнение Бернулли:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const}$$

где p называется статическим давлением, $\frac{\rho v^2}{2}$ – динамическим давлением

Для горизонтальной трубки тока ($ht = hy$) уравнение Бернулли принимает вид

$$\frac{\rho v^2}{2} + p = \text{const}$$

и называется полным давлением

Из уравнения (5) следует, что давление и скорость течения жидкости в двух точках 1 и 2 на одной и той же при тока связаны соотношением:

$$\rho g(h_2 - h_1) = \frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2) \text{ или } g = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2(h_2 - h_1)}$$

Расходом жидкости называется объём жидкости Q , протекающий за 1 с через поперечное сечение трубы

$$Q = vS$$

Пусть S_1 и S_2 – площади поперечного сечения широкого и узкого участков трубы, а P_1 и P_2 – статические давления в этих сечениях трубы, измеряемые с помощью манометрических трубок. Тогда уравнение Бернулли можно записать в виде:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2$$

Так как жидкость несжимаема, то $\rho v_1 S_1 = \rho v_2 S_2$, $v_2 = v_1 \frac{S_1}{S_2}$

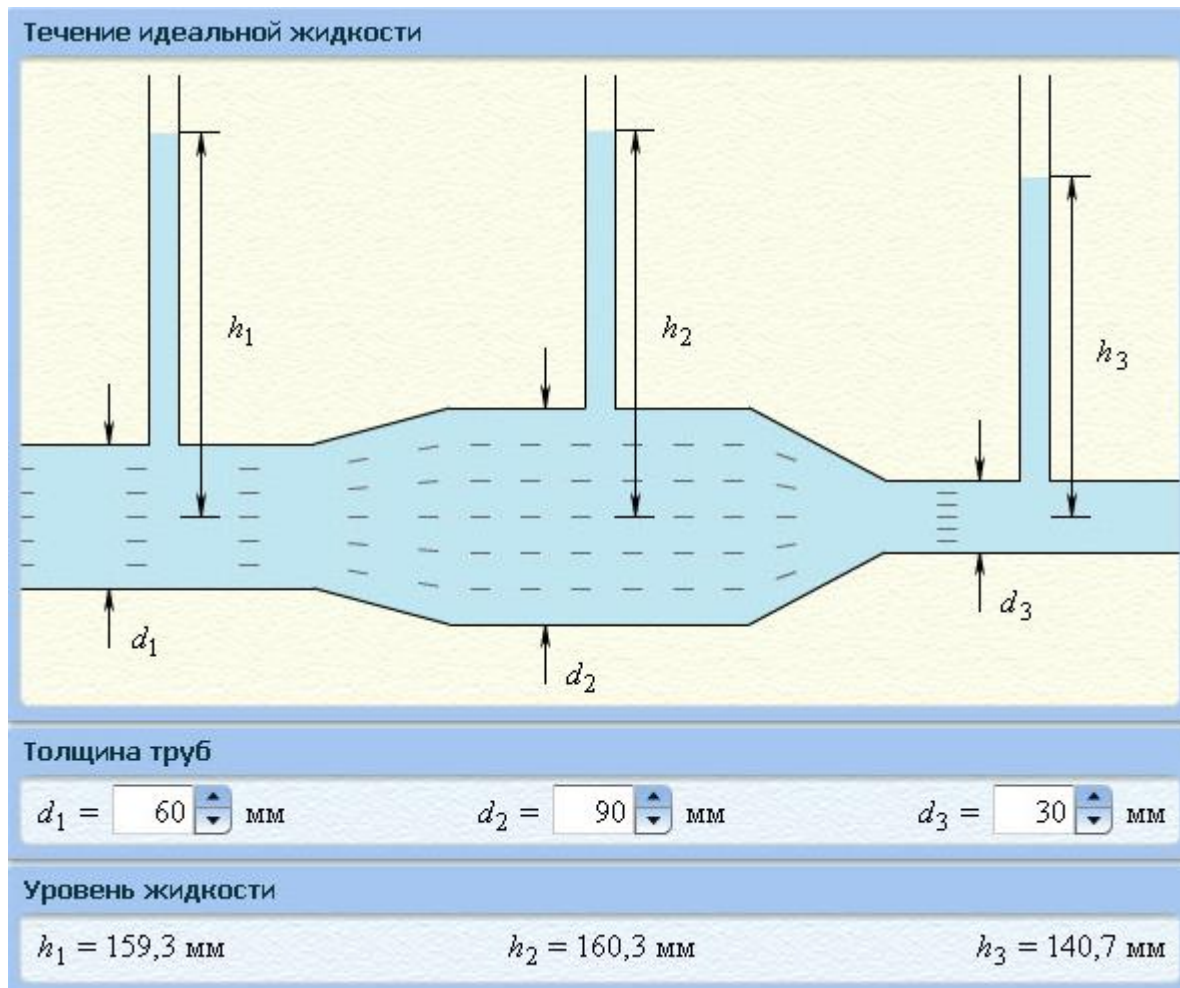
С другой стороны: $p_2 - p_1 = \rho g \Delta h$, и $\frac{\rho v_1^2}{2} \left(1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}\right) = \rho g \Delta h$

Отсюда получим:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2g\Delta h}{1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}}} \text{ и } Q = v_1 S_1 = S_1 \sqrt{\frac{2g\Delta h}{1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}}}$$

Задание

Внимательно рассмотрите окно опыта. Найдите все регуляторы и другие основные элементы. Зарисуйте в свой конспект схему опыта



1. Установите с помощью мыши одинаковое значение диаметров трубы $d = d = d$; на все, трёх её участках, равное величине D , указанное в таблице 1 для вашей бригады.
2. С помощью миллиметровой линейки измерьте всю длину трубы от левого края окна опыта до правого $L_{\text{экс}}$ и её диаметр $D_{\text{экс}}$
3. Определите модельную» длину трубы $L_{\text{м}}$, по формуле $L_{\text{м}} = \frac{D_1}{D_{\text{экс}}} L_{\text{экс}} = k L_{\text{экс}}$ и запишите эти значения в таблицу
4. Зафиксируйте свое внимание на одной из пяти штриховой линии в жидкости (5 тёмных горизонтальных линий в трубе), находящейся на входе в трубу и одновременно включите секундомер. Не выпуская из внимания выделенную линию и сопровождая визуально её течение по трубе, выключите секундомер в момент прохождения ей выходного сечения трубы. Запишите это время в таблицу
5. Прodelайте этот опыт 10 раз и каждое значение t_i , запишите в таблицу

6. Запишите в таблицу 2 значения $H_1 = h_1 = h_2 = h_3$
7. С помощью курсора мыши установите второе, одинаковое для всех трёх секций трубы, значение диаметра D_2), указанное в таблице 1 для вашей бригады, и повторите измерения по пп. 1-7

Обработка результатов

1. По формуле $v_i = \frac{L_m}{t_i}$ определите скорость течения жидкости в каждом опыте и её среднее значение $\langle v_1 \rangle = \frac{\sum_{i=1}^{10} v_i}{10}$ и $\langle v_2 \rangle$
2. По формуле $g = \frac{\langle v_1 \rangle^2 - \langle v_2 \rangle^2}{2(H_2 - H_1)}$ определите экспериментальное (модельное) значение ускорения свободного падения.
3. По формуле $D_1^2 \langle v_1 \rangle = D_2^2 \langle v_2 \rangle$ проверьте выполнение в вашем опыте уравнения неразрывности.
4. По последней формуле в теоретических сведениях рассчитайте объём жидкости, протекающей через сечение трубы за 1 с
5. Определите погрешность проведённых измерений.