

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и тепловые процессы»

Лабораторная работа 1
ИЗМЕРЕНИЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ГИДРОСТАТИКИ И ЗАКОНА
ПАСКАЛЯ

ВЫПОЛНИЛ: СТ.ГР. _____

ПРОВЕРИЛ: _____

г. Ростов-на-Дону
201_ г.

Цель работы. 1. Измерить с помощью пружинных манометров гидростатическое давление в трёх точках (1, 2, 3), заглублённых на различную величину под уровень жидкости, находящейся в абсолютном покое под действием силы тяжести.

2. Подтвердить на основании опытных данных основное уравнение гидростатики и закон Паскаля.

Вводная часть.

Гидростатическим давлением p называют нормальное сжимающее напряжение, возникающее в покоящейся жидкости под действием поверхностных и массовых сил,

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta S}, \quad (1)$$

где ΔP - элементарная равнодействующая поверхностных и массовых сил (гидростатическая сила), Н;

ΔS - элементарная площадка действия, м^2 .

Из формулы (1) видно, что гидростатическое давление p есть предел отношения элементарной гидростатической силы ΔP к элементарной площади действия ΔS , когда последняя стремится к нулю.

За единицу гидростатического давления принято равномерно распределённое давление, создаваемое силой 1 Н, на площади 1 м^2 , т.е. $p = 1\text{Н}/1\text{м}^2 = 1\text{Па}$ (один паскаль).

Гидростатическое давление, отсчитываемое от абсолютного нуля, называют абсолютным ($p_{абс}$), а отсчитываемое от атмосферного ($p_{атм}$) – избыточным ($p_{изб}$), следовательно,

$$p_{абс} = p_{атм} + p_{изб}. \quad (2)$$

Очевидно, что

$$p_{изб} = p_{абс} - p_{атм}. \quad (3)$$

В гидравлических расчётах величину нормального атмосферного давления считают равной $p_{атм} = 98100 \text{ Па}$.

Из формулы (3) видно, что в зависимости от соотношения между $p_{абс}$ и $p_{атм}$ избыточное давление $p_{изб}$ может быть и положительной, и отрицательной величиной. Положительное избыточное давление называют манометрическим, а отрицательное – вакуумметрическим. Приборы, применяемые для измерения $+p_{изб}$ и $-p_{изб}$, называют соответственно манометрами и вакуумметрами.

По принципу действия манометры и вакуумметры делятся на две группы: жидкостные и механические.

Жидкостный манометр (пьезометр) представляет собой стеклянную трубку, верхний конец которой открыт в атмосферу, а нижний - присоединён к точке, где измеряется манометрическое давление.

Манометрическое давление, выраженное через показания пьезометра:

$$p_{изб} = \rho g h_{p_{изб}}, \quad (4)$$

где $\rho g = \gamma$ - объемный вес жидкости;

$h_{p_{изб}}$ - пьезометрическая высота, т.е. высота, отсчитываемая от точки подключения пьезометра до уровня жидкости в нём.

Действие механических приборов основано на деформации под действием давления упругого элемента (пружины или мембраны). Заметим, что пружинный манометр показывает давление в точке жидкости на уровне оси вращения его стрелки. Если высотное положение оси вращения стрелки и точки подключения манометра не совпадает, в показание манометра (p_m) вводят поправку ($\pm \rho g y$).

Для этого случая:

$$p_{изб} = p_m \pm \rho g y, \quad (5)$$

где y - превышение оси вращения стрелки манометра над точкой его подключения, м.

В данной лабораторной работе предусмотрено измерение манометрического давления пружинными манометрами.

Когда на покоящуюся жидкость действует только сила тяжести, распределение гидростатического давления p по глубине h описывается основным уравнением гидростатики:

$$p = p_0 + \rho g h, \quad (6)$$

где p - гидростатическое давление в жидкости на глубине h , Па;

p_0 - внешнее давление, т.е. гидростатическое давление на свободной поверхности жидкости, Па;

h - глубина погружения в жидкость рассматриваемой точки, м;

$\rho g h$ - весовое давление, т.е. гидростатическое давление, создаваемое весом столба h жидкости, Па.

Из уравнения (6) видно, что при $p_0 = const$ и $\rho g = const$ давление p с изменением величины h изменяется по линейному закону, что предстоит подтвердить опытами. Вычислив по уравнению (6) давление p в двух точках, заглублённых на разную величину h , можно построить диаграмму распределения гидростатического давления по глубине, называемую эпюрой гидростатического давления.

Из уравнения (6) следует также, что внешнее давление p_0 в покоящейся жидкости передаётся во все точки её объёма без изменения. Это следствие называют законом Паскаля.

“Внешнее давление, приложенное к поверхности жидкости, находящейся в равновесии в замкнутом сосуде, передается во все точки жидкости без изменения”.

Справедливость этого закона предстоит проверить опытным путём в данной работе.

Описание установки. Установка представляет собой толстостенный стальной цилиндр (колонна), частично заполненный водой, уровень которой измеряется водомерной трубкой со шкалой (линейкой).

Для изменения гидростатического давления над свободной поверхностью жидкости (в т. 1) и в точках 2 и 3, заглублённых под уровень соответственно на h_2 и h_3 , подключены пружинные манометры M_1 , M_2 , M_3 .

В пространство над свободной поверхностью можно подавать сжатый воздух от компрессора по трубопроводу открытием вентилей.

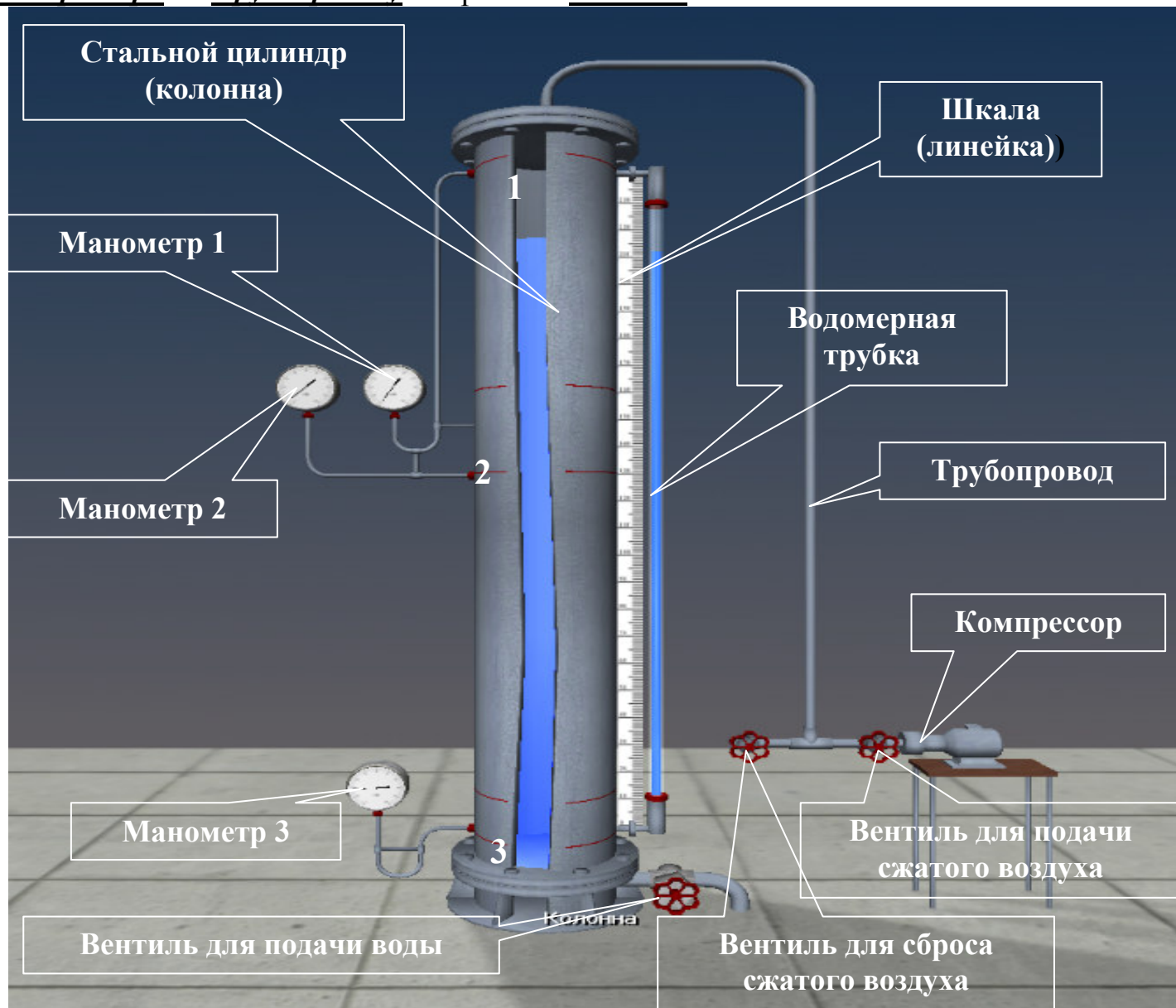


Рис.1. Схема установки для экспериментального подтверждения основного уравнения гидростатики и закона Паскаля.

Порядок выполнения работы и обработка опытных данных

Необходимо выполнить два опыта, обеспечив в первом $p_{0_{изб}} = 0$, а во втором - $p_{0_{изб}} > 0$.

Опыт №1. Открыть вентиль подачи воды, наполнить установку до отметки, указанной преподавателем, и измерить с помощью водомерной трубки и шкалы глубины погружения h_2 и h_3 точек 2 и 3, а также превышения y_2 и y_3 осей вращения стрелок манометров M_2 и M_3 над точками их подключения. Затем измерить показания всех трёх манометров (M_1, M_2, M_3). Полученные данные записать в таблицу (графы 4 и 6).

№ пози- ций	Наименования и обозначения измеряемых и вычисляемых величин		Единицы измерения.	Результаты измерений и вычислений		Примечания
				Опыт № 1	Опыт № 2	
1	2		3	4	5	6
1	Показания манометров M_1, M_2, M_3	$p_{M_1} \approx p_0$	Па			$h_1 = \dots\dots\dots m$ $h_2 = \dots\dots\dots m$ $h_3 = \dots\dots\dots m$ $y_2 = \dots\dots\dots m$ $y_3 = \dots\dots\dots m$ $\rho = 1000 \frac{кг}{м^2}$ $g = 9,81 \frac{м}{с^2}$
		p_{M_2}	Па			
		p_{M_3}	Па			
2	Избыточное гидростатическое давление в точках 1, 2, 3	$p_1 \approx p_{M_1} \approx p_0$	Па			
		$p_2 = p_{M_2} + \rho g y_2$	Па			
		$p_3 = p_{M_3} + \rho g y_3$	Па			
3	Приращение избыточного гидростатическог о давления	$\Delta p_1 \approx \Delta p_0 = p_{0_2} - p_{0_1}$	Па			
		$\Delta p_2 = p_{2_2} - p_{2_1}$	Па			
		$\Delta p_3 = p_{3_2} - p_{3_1}$	Па			
4	Средняя величина приращения избыточного гидростатическог о давления	$\Delta p_{cp} = \frac{\Delta p_0 + \Delta p_2 + \Delta p_3}{3}$	Па			
5	Относительные расхождения приращений давления в точках 1, 2, 3 со средней величиной.	$E_{\Delta p_0} = (\Delta p_{cp} - \Delta p_0) / \Delta p_{cp}$	-			
		$E_{\Delta p_2} = (\Delta p_{cp} - \Delta p_2) / \Delta p_{cp}$	-			
		$E_{\Delta p_3} = (\Delta p_{cp} - \Delta p_3) / \Delta p_{cp}$	-			

Опыт №2. Закрывать вентиль для сброса сжатого воздуха, а вентиль для подачи сжатого воздуха открыть и включить компрессор. Довести $p_{0_{изб}}$ до величины, указанной преподавателем, после чего компрессор отключить. Далее, измерить одновременно показания манометров M_1, M_2, M_3 . Результаты измерений записать в графу 5 таблицы.

Выполнить все вычисления, предусмотренные таблицей. Дать заключение по результатам работы.

Основные контрольные вопросы к работе

1. Что такое гидростатическое давление и каковы его свойства?

2. Поясните, что такое абсолютное и избыточное гидростатическое давление и какова связь между ними?
3. Объясните, что понимают под терминами: «внешнее давление» и «весовое давление»?
4. Напишите и поясните основное уравнение гидростатики.
5. Сформулируйте закон Паскаля.
6. Назовите приборы для измерения избыточного гидростатического давления и поясните принципы их действия.
7. Поясните, что такое пьезометрическая высота?
8. В чём состояло принципиальное отличие в условиях проведения первого и второго опытов?

РАСЧЕТЫ:

Вывод: _____
