

Лабораторная работа №1

Тема: ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ГИДРОСТАТИКИ

Цель работы: экспериментальное подтверждение основного уравнения гидростатики.

Описание рабочего участка лабораторной установки

Для любых точек жидкости (рис. 1.1), находящейся в состоянии покоя, под действием сил тяжести, справедливо выражение (1.1), называемое полным гидростатическим напором и обозначаемое H :

$$H = z_i + \frac{p_i}{\rho g} = \text{const} . \quad (1.1)$$

Уравнение (1.1) называется основным уравнением гидростатики, а члены, входящие в него, имеют геометрическое и энергетическое толкование.

С геометрической точки зрения здесь z_i – геометрическая высота, или расстояние от выбранной горизонтальной плоскости сравнения (0–0) (рис. 1.1) до рассматриваемой точки по вертикали, м; $p_i/\rho g$ – пьезометрическая высота, или высота жидкости в пьезометре, м; ρ – плотность жидкости, кг/м³; $g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения.

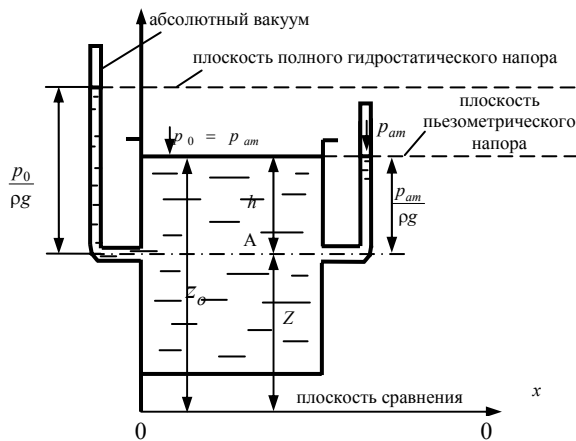


Рис. 1.1. Покоящаяся жидкость в открытом резервуаре

С энергетической точки зрения здесь z_i – геометрический напор, представляющий собой удельную, т.е. отнесённую к единице веса, потенциальную энергию положения, м (численно равен геометрической высоте); $p_i/\rho g$ – пьезометрический напор, представляющий собой удельную потенциальную энергию давления (работу сил давления), Дж/Н; величина $H = z_i + \frac{p_{atm}}{\rho g}$ называется гидростатическим напором; $p_i/\rho g = h = \frac{p_i - p_{atm}}{\rho g}$ – пьезометрическая высота, измеряемая открытым пьезометром или манометром; p_{atm} – атмосферное давление.

Гидростатический напор отличается от полного гидростатического напора на высоту столба жидкости, соответствующую атмосферному давлению $p_{atm}/\rho g$. Горизонтальная плоскость, проведённая на уровне H_s от плоскости сравнения, называется плоскостью гидростатического напора.

Записав уравнение (1.1) для двух точек, в одной из которых давление p_0 известно, и перегруппировав члены, можно получить:

$$z_i + \frac{p_i}{\rho g} = z_0 + \frac{p_0}{\rho g} ; \quad p_i = p_0 + \rho g (z_0 - z_i) . \quad (1.2)$$

С учётом того, что $h_i = z_0 - z_i$ – глубина погружения точки, получим из (1.2) математическое выражение закона Паскаля:

$$p_i = p_0 + \rho g h_i , \quad (1.3)$$

где p_0 – внешнее давление (в открытых сосудах оно равно атмосферному, $p_0 = p_{atm}$). Из (1.3) следует, что для любых h_i , т.е. для любой точки жидкости, внешнее давление передаётся без изменений.

Лабораторная установка (рис. 1.2) представляет собой резервуар 1, заполненный частично жидкостью (водой) и снабжённый манометрами.

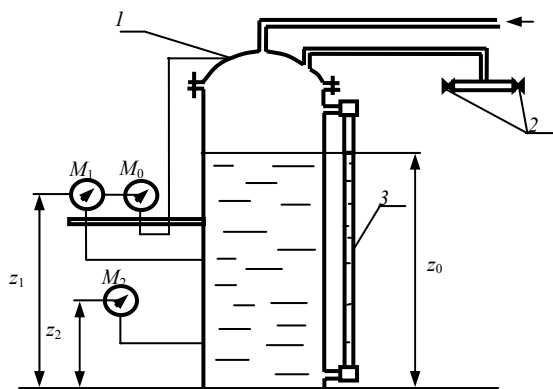


Рис. 1.2. Экспериментальная установка для проверки основного уравнения гидростатики

Манометры M_1 и M_2 служат для измерения избыточного давления, манометр M_0 – для измерения избыточного внешнего давления. Сжатый воздух от компрессора, подаётся в верхнюю часть резервуара. Связь резервуара с атмосферой (для выполнения условия $p_0 = p_{at}$ при отключенном компрессоре) осуществляется с помощью вентиля 2. Высота уровня жидкости в резервуаре определяется по водомерной трубке 3.

Порядок выполнения работы

- 1. При закрытом вентиле 2 компрессором создать избыточное давление над свободной поверхностью (0,05...0,1) МПа, которое контролируется манометром M_0 .
- 2. Записать показания манометров M_0 , M_1 , M_2 с учётом перевода их в систему СИ, Па.
- 3. Измерить высоту уровня жидкости в резервуаре по водомерной трубке 3 и высоты расположения осей манометров M_1 и M_2 от плоскости сравнения.
- 4. Установить над свободной поверхностью покоящейся жидкости атмосферное давление, для чего выключить компрессор и плавно открыть вентиль 2.
- 5. Повторно записать показания манометров M_0 , M_1 , M_2 .
- 6. Данные экспериментов записать в протокол.

Протокол эксперимента

Режим	Измеряемая величина									
	M_0	$p_{изб0}$	M_1	$p_{изб1}$	M_2	$p_{изб2}$	z_0	z_1	z_2	H_s
	кг/см ²	Па	кг/см ²	Па	кг/см ²	Па	м	м	м	Дж/Н
1										
2										

Методические указания по обработке опытных данных

- 1. Гидростатический напор в точках

$$H_{si} = z_i + \frac{p_{избi}}{\rho g}, \text{ м.}$$

- 2. Глубина погружения выбранного сечения

$$h_i = (z_0 - z_i), \text{ м.}$$

- 3. Избыточное давление в точках 0, 1, 2

$$p_{избi}^* = \rho g h_i + p_{изб0}, \text{ Па.}$$

- 4. Сравнение измеренного избыточного давления $p_{избi}$ с вычислением $p_{избi}^*$ в тех же условиях и определение ошибки

$$\delta = \frac{p_{избi}^* - p_{избi}}{p_{избi}^*} \cdot 100 \, \%$$

Содержание отчёта

- 1. Протокол эксперимента со схемой установки.
- 2. Сравнение гидростатического напора во всех точках жидкости.
- 3. Сопоставление расчётных и измеряемых величин избыточного давления.

4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое гидростатический напор?
2. Геометрическая и энергетическая интерпретация основного уравнения гидростатики.
3. Что такое открытый и закрытый пьезометры?
4. Что такое избыточное и абсолютное давление?