

Занятие №12

Понятие о напоре

В гидравлике широко применяется термин «напор», под которым понимают энергию жидкости, отнесенную к единице её веса.

Величину $v^2 / 2g$ называют скоростным напором, показывающим, на какую высоту может подняться движущаяся жидкость за счет её кинетической энергии. Величину $h = p / \rho g$ называют пьезометрическим напором, показывающим, на какую высоту поднимается жидкость в пьезометре под действием оказываемого на неё давления. Величину z называют геометрическим напором, характеризующим положение центра тяжести соответствующего сечения движущейся струи жидкости над условно выбранной плоскостью сравнения.

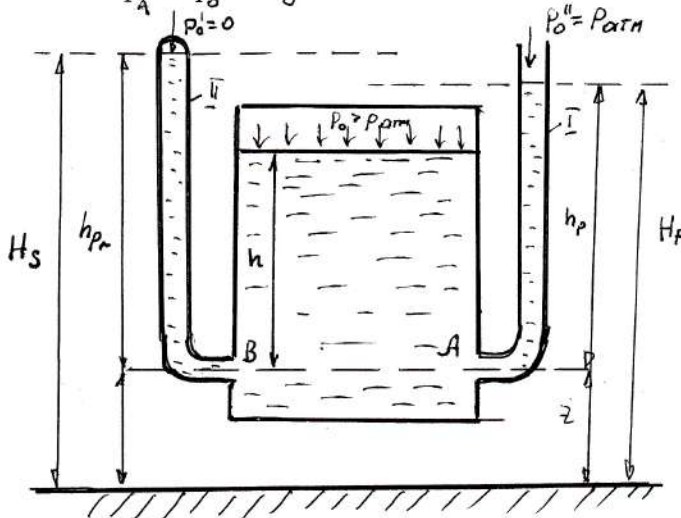
Рассмотрим закрытый сосуд с жидкостью. Давление на свободной поверхности в сосуде равно $p_0 > p_{атм}$. К сосуду в точках А и В (условно примем их на одинаковой, но произвольной глубине h) присоединены две трубки. Одна трубка сверху открыта, и давление на свободной поверхности в ней равно атмосферному. Другая трубка сверху запаяна, и воздух из нее удален, т.е. давление в ней равно 0. Так как давление в сосуде превышает атмосферное, то в обеих трубках уровень воды поднимается над уровнем в сосуде. Пусть сосуд находится на определенной высоте над некоторой горизонтальной плоскостью сравнения $o-o$ (за плоскость сравнения может быть принят уровень земли, пола и т.д.). Давление в точке А можно выразить следующим образом:

1) рассматривая открытую трубку

$$p_A = p_{атм} + \rho g h_p$$

2) рассматривая сосуд

$$p_A = p_0 + \rho g h$$



Приравнявая правые части, находим высоту столба жидкости в трубке

$$\gamma h_p = p_0 + \gamma h - p_a = p - p_a = p_{из}$$

откуда

$$h_p = p_{из} / \gamma = p_m / \gamma ,$$

где h - пьезометрическая высота, являющаяся мерой манометрического давления в данной точке жидкости.

Отсюда видно, что манометрическое давление можно измерить высотой столба жидкости, измерив ее в открытой трубке, которая называется пьезометром.

Аналогично рассуждая относительно равновесия жидкости в точке В, получим

$$h_{pr} = p / \gamma ,$$

где h_{pr} - приведенная высота абсолютного давления, являющаяся мерой абсолютного гидростатического давления, а вторая трубка называется закрытым пьезометром.

Значит, и абсолютное, и избыточное давления можно измерять высотой столба жидкости.

Гидростатическим напором H_g в данной точке жидкости называется сумма приведенной высоты h_{pr} и геометрической высоты положения z рассматриваемой точки относительно произвольной плоскости сравнения $o-o$.

$$H = h_{pr} + z$$

$$H_g = p / \gamma + z$$

Пьезометрическим напором H_p в данной точке жидкости называется сумма пьезометрической высоты h_p и геометрической высоты z

$$H_p = h_p + z$$

$$H = \frac{p - p_a}{\gamma} + z$$

Гидростатический напор является мерой удельной потенциальной энергии жидкости.

Занятие № Полный напор и его составные части. Режимы движения жидкости.

1. Напор и его составляющие

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

Это выражение названо уравнением Бернулли для потока идеальной жидкости. Физический смысл первого слагаемого ясен из рисунка (высота z называется геометрическим напором). Второе слагаемое соответствует высоте поднятия столба жидкости в пьезометрической трубке, если ее присоединить в данной точке канала, и называется пьезометрическим напором. Третье слагаемое называется скоростным напором и показывает, на какую высоту поднялась бы жидкость при направленной вверх скорости. Эти три слагаемые в сумме составляют полный напор в рассматриваемом сечении потока.

В целом уравнение Бернулли означает, что в потоке идеальной жидкости полная энергия потока и напор остаются постоянными на всем пути движения.

В потоке реальной жидкости часть напора расходуется на преодоление вязкого сопротивления между движущимися слоями самой жидкости, причем на эти потери влияет шероховатость стенок канала, их форма, размеры и др. В результате полный напор потока по мере его движения убывает, а для двух сечений потока реальной жидкости уравнение Бернулли имеет вид

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{\Delta p}{\rho} = z_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g},$$

где Δp - потери давления, $\Delta p / \rho$ - потери напора на преодоление сопротивлений при движении жидкости между сечениями 1-1 и 2-2.

В
в
бы