

Министерство образования Российской Федерации
Томский политехнический университет
Филиал ТПУ в г. Юрге

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ТМС
д. т. н, профессор
_____ С. И. Петрушин
" ____ " _____ 2000 г.

ИЗМЕРЕНИЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу “Гидравлика и гидропривод” для студентов дневной и вечерней форм обучения всех специальностей

Юрга 2000

УДК

Измерение гидростатического давления: Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу “Гидравлика и гидропривод” для студентов дневной и вечерней форм обучения всех специальностей. - Юрга: ИПЛ ЮФ ТПУ, 1999. - 8 с.

Составитель
Рецензент

ассистент А. В. Воробьев
Н. А. Попиральчик

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры "Технология машиностроения"
" ____ " _____ 2000 г.

Зав. кафедрой
профессор, д. т. н.

С. И. Петрушин

Измерение гидростатического давления.

Цель работы: приобретение навыков по измерению гидростатического давления жидкостными приборами.

Общие сведения

Гидростатическим давлением называют отношение нормальной сжимающей силы ΔF к площади элементарной поверхности ΔS , на которую действует данная сила.

$$P = \frac{\Delta F}{\Delta S}. \quad (1)$$

В зависимости от базы и направления отсчета различают абсолютное, манометрическое и вакуумметрическое давления.

Абсолютное давление отсчитывается от абсолютного вакуума и определяется в любой точке покоящейся жидкости по основному уравнению гидростатики:

$$P = P_0 + \gamma h, \quad (2)$$

где P_0 - давление на свободной поверхности жидкости;

γ - удельный вес жидкости;

$\gamma = \rho g$;

h - глубина погружения рассматриваемой точки.

Из уравнения (2) следует, что абсолютное гидростатическое давление P в точке покоящейся жидкости равно сумме внешнего давления и давления, вызванного силой тяжести столба жидкости, расположенной над рассматриваемой точкой.

За начало отсчета может быть принято и атмосферное давление P_a , которое создается силой тяжести воздуха атмосферы. Если абсолютное давление больше атмосферного, то избыток над атмосферным называют манометрическим (избыточным) давлением, которое измеряют манометрами

$$P_m = P - P_a, \quad (3)$$

а если абсолютное давление меньше атмосферного, то имеет место разрежение, или вакуум. За величину разрежения принимается недостаток до атмосферного давления, которое называется вакуумметрическим давлением и измеряется вакуумметрами.

$$P_v = P_a - P. \quad (4)$$

Атмосферное, манометрическое и вакуумметрическое давления измеряют приборами, называемыми соответственно барометрами, манометрами и вакуумметрами. По принципу действия и типу рабочего элемента приборы подразделяют на жидкостные, механические и электрические.

Жидкостные приборы исторически стали применяться первыми. Их действие основано на принципе уравнивания измеряемого давления P силой тяжести столба жидкости высотой h в приборе

$$P = \gamma h, \quad (5)$$

где γ - удельный вес жидкости в приборе.

Поэтому величина давления может быть выражена высотой столба жидкости h с заданным удельным весом γ (мм вод. ст., мм рт. ст.), а также в паскалях ($\text{Па} = \text{Н}/\text{м}^2$), килограммах силы на квадратный сантиметр (технических атмосферах (ат)), барах.

$$1 \text{ мм вод. ст.} = 9,806 \text{ Па};$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па};$$

$$1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 1 \text{ ат} = 98066,5 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па};$$

$$1 \text{ бар} = 10 \text{ Н}/\text{см}^2 = 100000 \text{ Па}.$$

Преимуществом жидкостных приборов является простота конструкции и высокая точность, но они удобны только для измерения небольших давлений; при высоких давлениях трубка пьезометра получается чрезмерно длинной, что осложняет измерения.

В механических приборах измеряемое давление вызывает деформацию чувствительного элемента (трубка или мембрана), которая с помощью специальных механизмов преобразуется и передается на указатель. Такие приборы компактны и имеют большой диапазон измеряемых давлений.

В электрических приборах воспринимаемое чувствительным элементом давление преобразуется в электрический сигнал. Сигнал регистрируется показывающим (вольтметр, амперметр) или пишущим (самописец, осциллограф) приборами. В последнем случае можно фиксировать давление при быстропротекающих процессах.

Описание установки

Установка включает в себя резервуар 1, частично заполненный жидкостью, и полость 2, сообщаемую через клапан 3 с атмосферой (рис. 1а). Для измерения давления и уровня жидкости в резервуаре 1 служат жидкостные приборы 4, 5 и 6. Они представляют собой прозрачные вертикальные каналы со шкалами, размеченными в единицах длины.

Пьезометр 4 сообщается верхним концом через полость 2 и клапан 3 с атмосферой, а нижним - с резервуаром 1. Им определяется манометрическое давление $P = \gamma h_{\text{п}}$ на дне резервуара.

Уровнемер 5 соединен обоими концами с резервуаром и служит для измерения уровня жидкости H в нем.

Мановакуумметр 6 представляет собой U - образный канал, частично заполненный жидкостью. Правым коленом он подключен к резервуару, а левым - к полости 2 и предназначен для определения манометрического $P_M = \gamma h_M$ (рис. 1а) или вакуумметрического $P_B = \gamma h_B$ (рис. 1в) давлений над свободной поверхностью жидкости в резервуаре 1. Давление в резервуаре можно изменять путем наклона устройства.

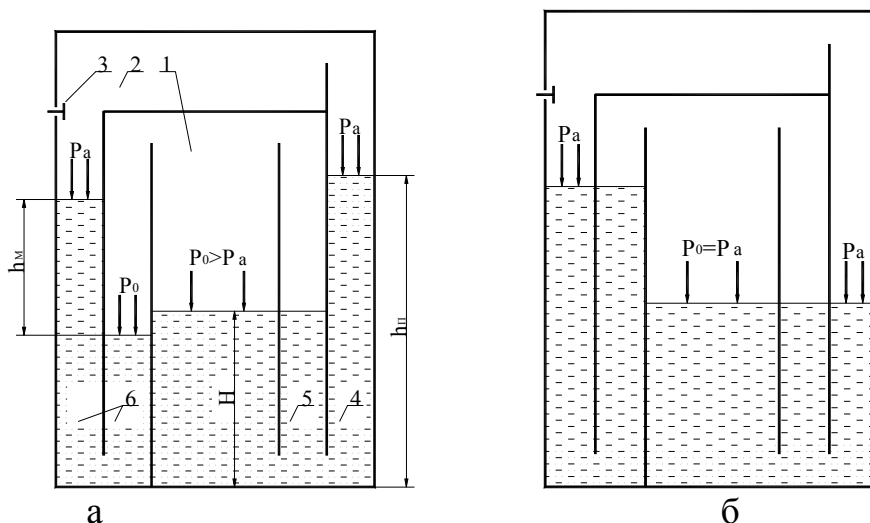
При повороте устройства в его плоскости на 180° (рис. 1г) канал 5 остается уровнемером, колено мановакуумметра 6 преобразуется в пьезометр 7, а пьезометр 4 - в обратный пьезометр 8, служащий для определения вакуума $P_B = \gamma h_B$ над свободной поверхностью жидкости в резервуаре 1.

Порядок выполнения работы

1. В резервуаре 1 над жидкостью создать давление выше атмосферного ($P_0 > P_a$), о чем свидетельствует превышение уровня жидкости в пьезометре 4 над уровнем в резервуаре и прямой перепад давлений в мановакуумметре 6 (см. рис. 1а). Для этого устройство поставить на правую боковую поверхность, а затем поворотом его против часовой стрелки отлить часть жидкости из левого колена мановакуумметра 6 в резервуар 1.

2. Кратковременно открыть клапан 3 и снять показания пьезометра. уровня и мановакуумметра.

3. Вычислить абсолютное давление на дне резервуара через показания пьезометра, а затем - через величины, измеренные мановакуумметром и уровнем. Для оценки сопоставимости результатов определения абсолютного давления на дне резервуара двумя путями найти относительную погрешность δP .



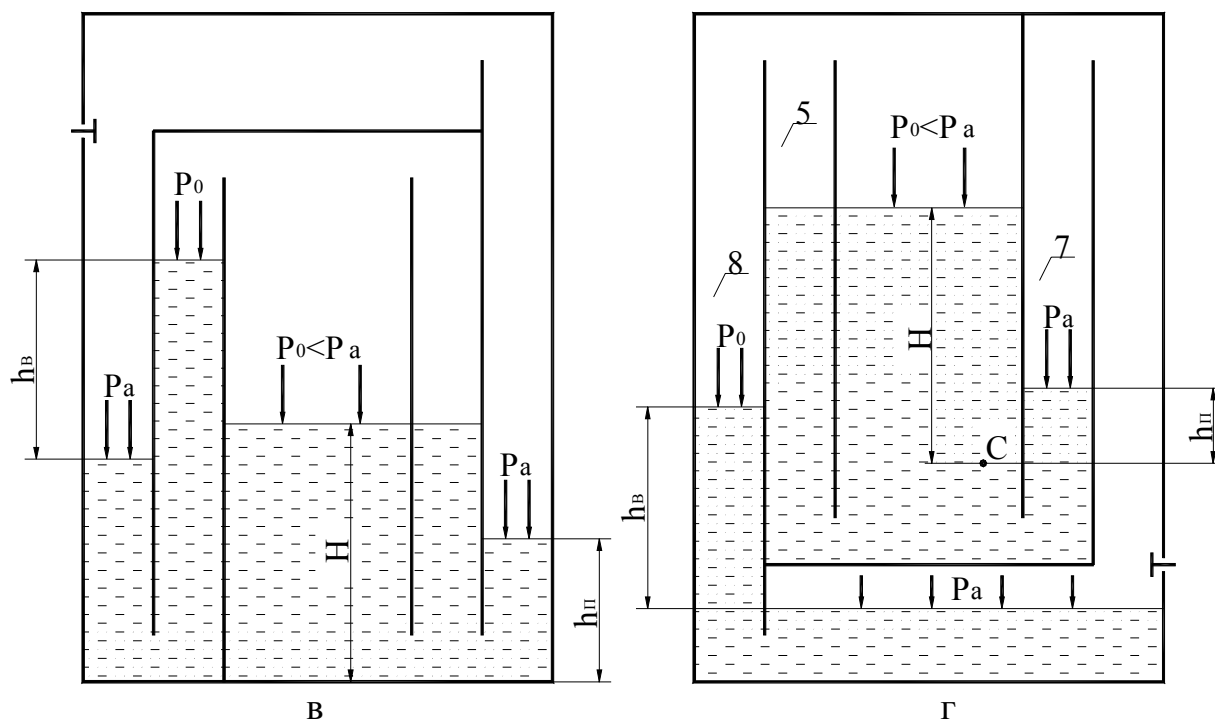


Рис. 1. Схема экспериментальной установки при проведении соответственно опыта а, б, в и г

4. Над жидкостью в резервуаре 1 установить атмосферное давление ($P_0 = P_a$), для чего получить совпадение уровней жидкости в мановакуумметре переливом в него части жидкости из резервуара путем наклона устройства вправо (см. рис. 1б). Затем выполнить операции по п.п. 2 и 3.

Таблица

Наименование величин	Обозначения, формулы	Условия опыта			
		а	б	в	г
1	2	3	4	5	6
1. Пьезометрическая высота, м	$h_{п}$				
2. Уровень жидкости в резервуаре, м	H				
3. Манометрическая высота, м	$h_{м}$				
4. Вакуумметрическая высота, м	$h_{в}$				
5. Манометрическое давление на дне резервуара, кПа	$P_{м} = \gamma h_{п}$				
6. Абсолютное давление на дне резервуара, кПа	$P = P_a + P_{м}$				
7. Манометрическое давление в резервуаре над жидкостью, кПа	$P_{0м} = \gamma h_{м}$				

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
8. Вакуумметрическое давление в резервуаре над жидкостью, кПа	$P_{0в} = \gamma h_в$				
9. Абсолютное давление в резервуаре над жидкостью, кПа	$P_0 = P_a + P_{0м}$ $P_0 = P_a - P_{0в}$				
10. Абсолютное давление на дне резервуара, кПа	$P' = P_0 + \gamma H$				
11. Относительная погрешность результатов определения давления на дне резервуара, %	$\delta P = 100(P - P') / P$				

Примечание. Измерить атмосферное давление барометром или принять $P_a = 98,1 \text{ кПа}$, а удельный вес воды $\gamma = 9,81 \text{ кН} / \text{м}^3$.

5. Над свободной поверхностью жидкости в резервуаре 1 создать вакуум ($P_0 < P_a$), когда уровень жидкости в пьезометре 4 становится ниже, чем в резервуаре, а на мановакуумметре 6 появляется обратный перепад (см. рис. 1в).

Для этого поставить устройство на левую боковую поверхность, а затем наклоном вправо отлить часть жидкости из резервуара в мановакуумметр. Далее выполнить операции по п.п. 2 и 3.

6. Повернуть устройство в его плоскости по часовой стрелке на 180° (см. рис. 1г) и определить манометрическое или вакуумметрическое давление в заданной преподавателем точке С через показания пьезометра 7, а затем с целью проверки найти его через показания обратного пьезометра 8 и уровнемера 5. В процессе проведения опытов и обработки экспериментальных данных заполнить таблицу.

Техника безопасности

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при работе в лаборатории гидравлики.

Содержание отчета

В отчете должны содержаться:

1. Цель работы;
2. Схемы установки при проведении опытов;
3. Таблица с результатами опыта
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение гидростатического давления.
2. Что называется удельным весом жидкости?
3. Разновидности приборов для определения давления.
4. Конструкция жидкостных приборов для определения давления.
5. Как определить гидростатическое давление в точке покоящейся жидкости?
6. В каких единицах измеряется давление? Соотношение между единицами измерения давления.

Литература

1. Башта Т. М. Гидравлика. – М.: Машиностроение, 1970. – 504 с.
2. Большаков В. А., Попов В. Н. Гидравлика. Общий курс : Учебник для вузов. - К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. -215 с.
3. Холин К. М., Никитин О. Ф. Основы гидравлики и объемные гидроприводы: Учебник для учащихся средних спец. учеб. заведений. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 264 с.

ИЗМЕРЕНИЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

Методические указания

Составитель Алексей Васильевич Воробьев

Подписано к печати 14.02.2000 г.

Формат 60x84/16. Бумага ксероксная.

Плоская печать. Усл. печ. л. 1,05. Уч. - изд. л. 0,95.

Тираж 25 экз. Заказ № 215. Цена свободная.

ИПЛ ЮФ ТПУ. Лицензия ПЛД № 44 - 55 от 04.12.97 г.

Ризограф ЮФ ТПУ. 652000, Юрга, ул. Московская, 17а.

;