



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и тепловые процессы»

# **Учебно-методическое пособие** к лабораторной работе №9 **«Изучение гидростатического давления»**

по дисциплине  
**«Механика жидкости и газа»**

Авторы:

Рыбак А.Т.,  
Фреинт С.А.  
Шеин Е.Н.

Ростов-на-Дону, 2017



## АННОТАЦИЯ

Даны основные теоретические положения, для выполнения лабораторной работы. Разъяснены понятия: основное уравнение гидростатики, абсолютное, манометрическое и вакуумметрическое давления. Разъяснён принцип действия жидкостных приборов для измерения давления.

Предназначены для студентов 2 - 3 курсов всех форм обучения.



## Оглавление

<b>1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА.....</b>	<b>6</b>
<b>3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....</b>	<b>8</b>
<b>4. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ.....</b>	<b>8</b>
<b>5. ВЫВОДЫ.....</b>	<b>9</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ .....</b>	<b>10</b>

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучение устройства, принципа действия и порядка расчета пьезометров. Определение с помощью пьезометров и жидкостных манометров различных типов абсолютного, манометрического и вакуумметрического давления.

### 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Гидростатическим давлением называется предел вида

$$p = \lim_{dw \rightarrow 0} \left| \frac{dp}{dw} \right|$$

где  $dw$  - величина некоторой элементарной площадки, на которой определяется давление;  
 $dp$  - элементарная сила давления жидкости на эту площадку.

Если на жидкость из массовых сил действует только сила веса то величину абсолютного гидростатического давления в любой точке жидкости можно определить по основному уравнению гидростатики

$$p_a = p_0 + \gamma h$$

где  $p_0$  - давление на свободной поверхности жидкости;

$h$  - заглубление рассматриваемой точки под свободной поверхностью жидкости;

$\gamma$  - удельный вес жидкости.

Манометрическим давлением называется величина превышения абсолютного давления над атмосферным, и оно может быть определено как их разность

$$p_{\text{ман}} = p_a - p_{\text{атм}}$$

где  $p_{\text{атм}}$  - атмосферное давление.

В частности, если на свободную поверхность жидкости действует атмосферное давление  $p_0 = p_{\text{атм}}$ , то из основного уравнения гидростатики

$$p_{\text{ман}} = p_{\text{изб}} = \gamma h$$

Вакуумметрическим давлением, вакуумом, называется давление недостающее до атмосферного, и оно определяется из выражения

$$p_{\text{вак}} = p_{\text{атм}} - p_a$$

Простейшими приборами для измерения гидростатического давления малых величин являются пьезометры (закрытые см. рис.1.а и открытые см. рис.1.б) и жидкостные манометры, простейшими представителями которых является U - образный манометр (пьезометр) (см. рис.1 в, г).

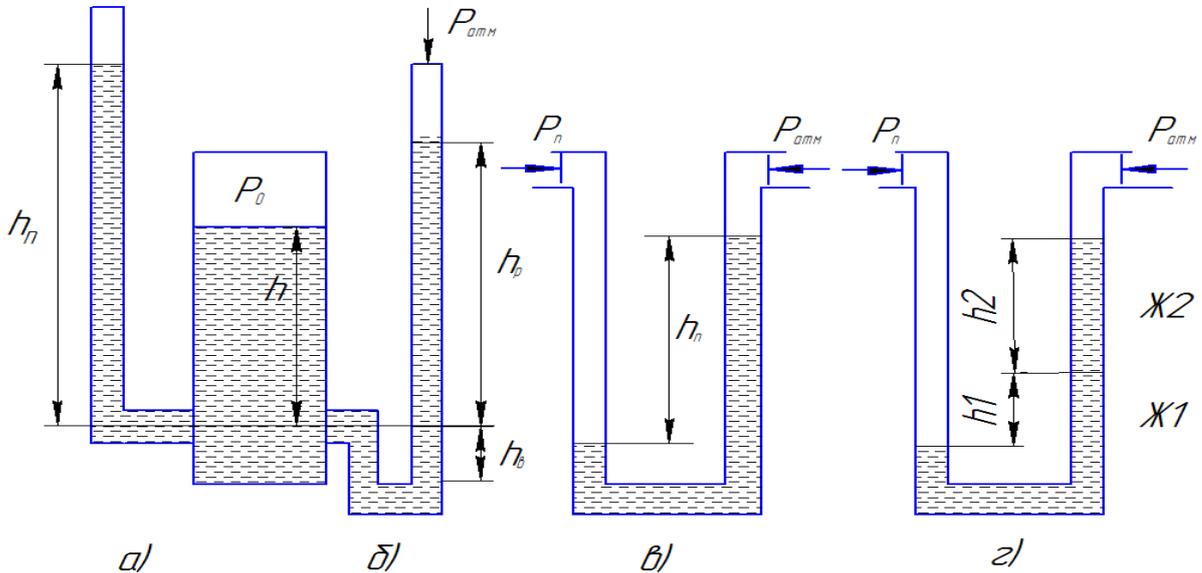


Рисунок 1

Пьезометр представляет собой тонкую стеклянную трубку, один конец которой присоединен к точке, в которой измеряют давление, а другой открыт в атмосферу (открытый пьезометр, см. рис.1. б).

Высота подъема жидкости в открытом пьезометре называется пьезометрической высотой ( $h_p$ ). С помощью открытого пьезометра измеряют манометрическое давление.

$$P_{\text{ман}} = h_p \gamma$$

Если  $h_p < h$ , то это значит, что  $p_0 < p_{\text{атм}}$ , при этом вакуумное давление определится, как

$$p_{\text{вак}} = p_{\text{атм}} - p_0 = \gamma(h - h_p)$$

Если,  $h_p = -h_v$ , это значит, что в точке измерения вакуум, величина которого

$$p_{\text{вак}} = \gamma h_v$$

Если верхний конец пьезометра запаян и в нем создан абсолютный вакуум (откачан весь воздух), то такой пьезометр называется закрытым.

Высота подъема жидкости в закрытом пьезометре называется приведенной пьезометрической высотой (см. рис.1. а). С помощью закрытого пьезометра измеряется абсолютное давление (ртутный барометр).

Следует помнить, что диаметр трубки пьезометра должен быть больше 5 мм, иначе пьезометр будет проявлять свойства капилляра, что внесет погрешность в точность измерения. U-образные пьезометры лишены этого недостатка.

Чтобы измерить давление с помощью U-образного жидкостного манометра (см. рис. 1. в) один его конец подсоединяется к точке с  $p_a$  абсолютным давлением, а второй сообщается с атмосферой. В этом случае манометрическое давление

$$P_{\text{ман}} = h_p \gamma$$

Если в точке измерения вакуум, то жидкость в манометре опустится в колене, к которому подведено  $p_a$  на  $h_b$ . Величина вакуума в этом случае

$$P_v = h_b \gamma$$

Если в манометре различные жидкости (см. рис. 1. г), то величина манометрического давления.

$$P_{\text{ман}} = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2$$

## 2. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Работа выполняется на экспериментальном стенде, внешний вид которого представлен на рисунке 2, а на рисунке 3 приведена его схема.

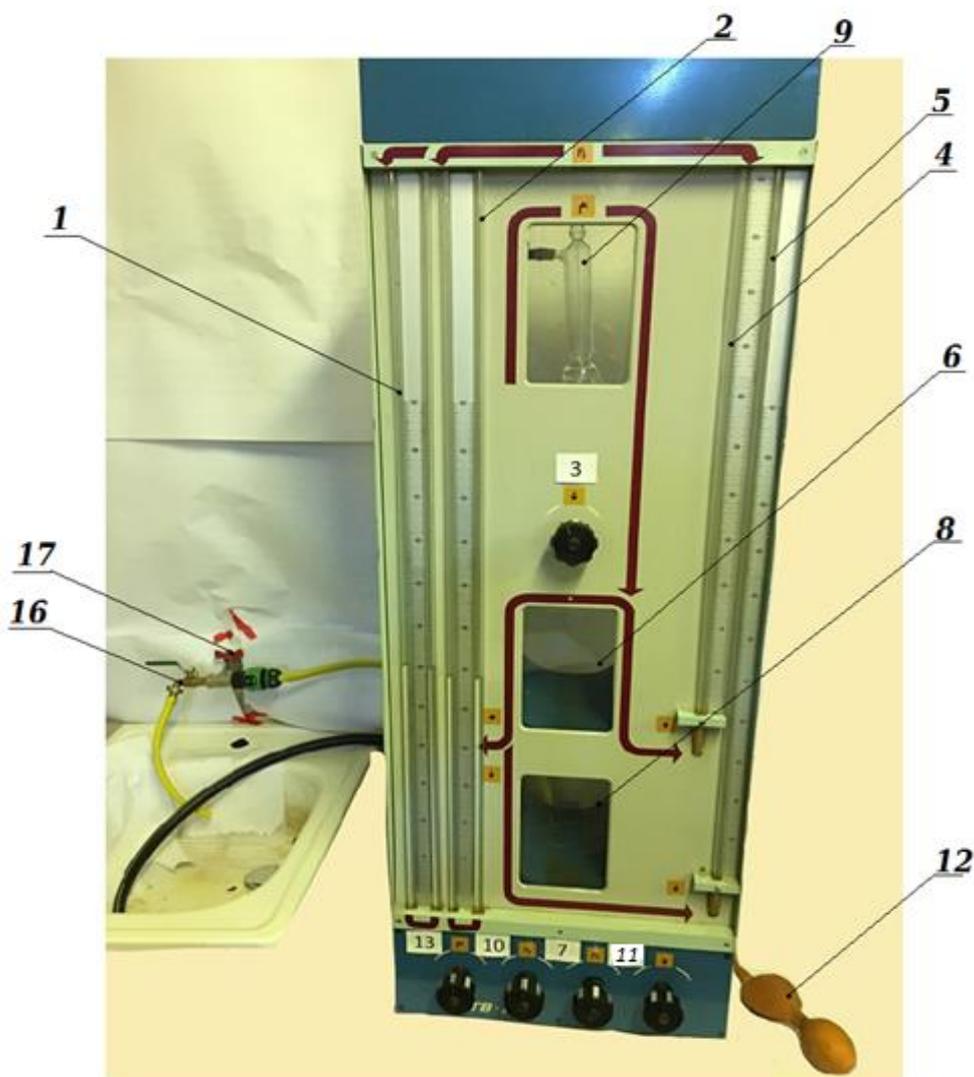


Рисунок 2

Стенд включает в себя основной резервуар 6, представляющий замкнутый объем, частично заполняемый водой. При проведении лабораторной работы измеряется давление в воздушной полости этого резервуара. Воздушная полость основного резервуара 6 соединяется с атмосферой через кран 10.

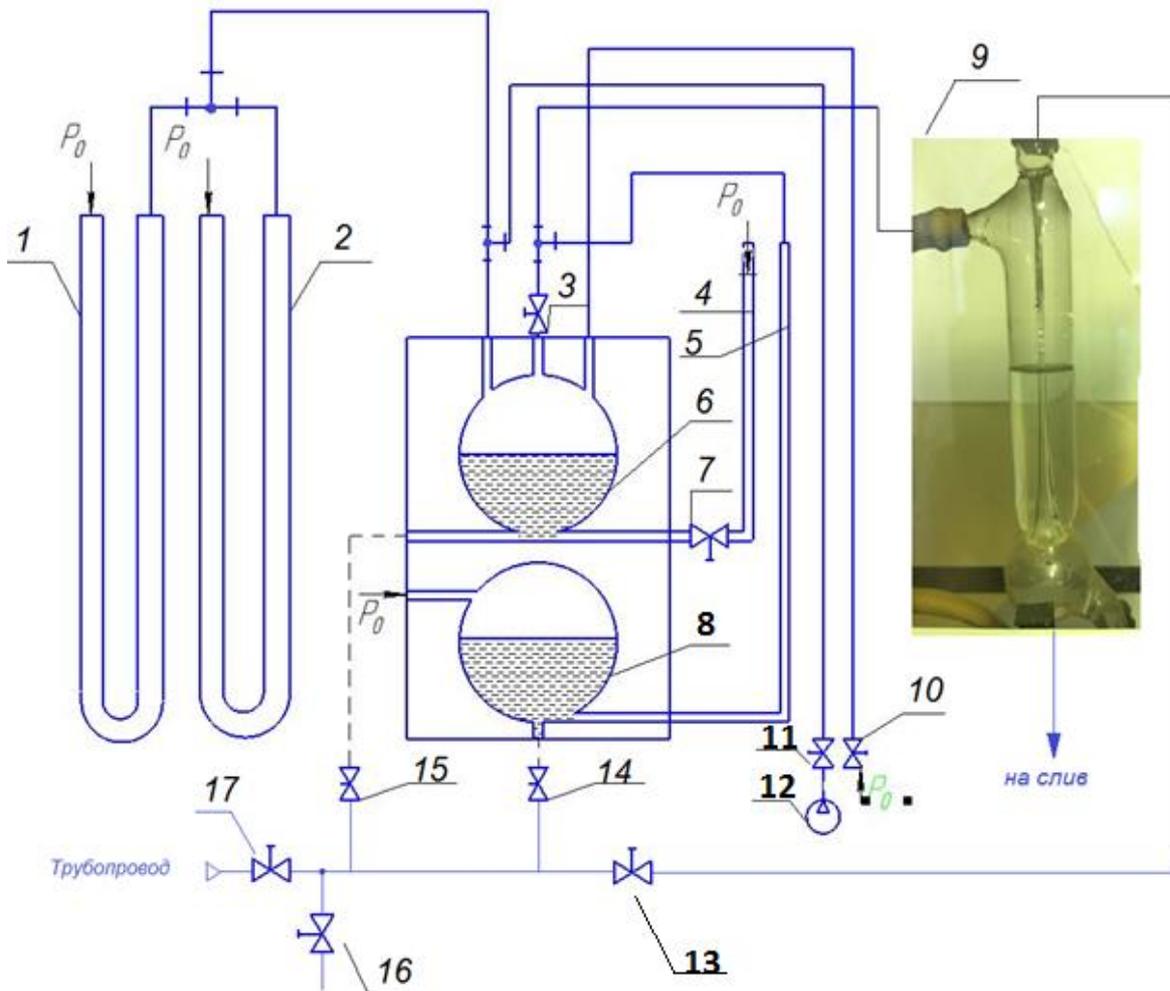


Рисунок 3

В стенде имеется также вспомогательный резервуар 8, ко дну которого подключен обратный пьезометр 5, верхний конец которого связан с воздушной полостью основного резервуара 6 через кран 3. Обратный пьезометр 5 служит для определения вакуумметрического давления в воздушной полости основного резервуара. Ко дну основного резервуара 6 подсоединен пьезометр 4, посредством крана 7.

В воздушной полости основного резервуара 6 можно создать избыточное давление с помощью ручного воздушного насоса 12, либо вакуум, с помощью гидродинамического вакуум-насоса 9. Уровень вакуума регулируется изменением расхода воды через вакуум-насос 9 при помощи крана 13.

Воздушный насос 12 может отключаться от установки краном 11, а включение и управление работой вакуум-насоса 9 осуществляется краном 13.

Манометрическое давление в воздушной полости основного резервуара может быть определено при помощи U-образных манометров 1 и 2, а вакуумметрическое давление при помощи U-образных манометров 1 и 2 и обратного пьезометра 5.

Рабочей жидкостью **пьезометра 1 служит вода, а пьезометра 2** глицерин.

Краны 14 и **15** служат для заполнения и **слива воды из** вспомогательного и **основного** резервуаров **соответственно**.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с установкой и убедиться в ее исправности.
2. Открыть краны 10, 3, 7, 16, 13, 11.
3. Записать показания пьезометров.
4. Закрывать краны 10 и 3. Ручным насосом 8 создать в полости основного резервуара 6 избыточное давление (величина задается преподавателем).
5. Закрывать кран 11. После прекращения колебаний уровней жидкости в пьезометрах, записать их показания.
6. Открыть краны 10 и 11.
7. Работу по пунктам 4...6 выполнить несколько раз при различной величине избыточных давлений (3 - 4 раза).
8. Полученные результаты занести в таблицу 1.
9. Закрывать краны 10, 7, 11.
10. Открыть кран 3.
11. При полностью открытом кране 16 открыть кран 13.
12. Приоткрыть кран 17. Плавно прикрывая кран 16, создать в полости основного резервуара вакуум, величина которого соответствует подъёму жидкости в обратном пьезометре 5 **до красной черты**.
13. Плавно прикрывая кран 13 настраиваем требуемый уровень вакуума в основном резервуаре 6 (задаётся преподавателем).
14. После стабилизации уровней жидкостей в пьезометрах 1, 2 и 5 записать их показания.
15. Работу по пп. 13 и 14 выполнить для различных величин вакуума (3 раза).
16. Закрывать краны 13 и 17, открыть краны 10 и 16.
17. Показания приборов занести в таблицу 1.

### 4. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

1. Определить избыточное гидростатическое давление в точке подключения пьезометра 4.
2. Определить манометрическое давление в воздушной полости основного резервуара 6 по показаниям пьезометров 1, 2 и 4 (для каждого опыта) и сравнить их между собой.
3. Определить величину вакуумметрического давления в воздушной полости основного резервуара 6 по показаниям пьезометров 1, 2 и 5 (для каждого опыта) и сравнить их между собой.
4. Результаты расчетов занести в таблицу 1.

## 5. ВЫВОДЫ

1. Как зависит пьезометрическая высота от типа применяемой жидкости?
2. Какая разница между пьезометрической и вакуумметрической высотами?
3. Дать сравнительные характеристики пьезометров (открытого, закрытого, U - образного).

Таблица 1.

№ опыта	Показания пьезометров, мм		Разность уровней жидкости в манометрах, мм		Давление в воздушной полости резервуара б, показание приборов, ± Па			
	4	5	1	2	P1	P2	P4	P5
1								
2								
.								
.								

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Гидравлические и пневматические системы: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин; под ред. проф. Ю.А. Беленкова. – 5-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
2. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / [Т.В. Артемьева, Т.М. Лысенко, А.Н. Румянцева, С.П. Стесин]; под редакцией С.П. Стесина. – 3-е издание стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 336с
3. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для Г46 машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – 2-е издание, перераб. – М.: Машиностроение 1982 – 423с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

1. Удельный вес воды  $\gamma_{\text{в}} = 9\,790 \text{ Н/м}$
2. Удельный вес глицерина  $\gamma_{\text{г}} = 1\,770 \text{ н/м}$

Таблица П1 Перечень графических символов, примененных в лабораторном стенде

Графическое изображение	Наименование символов
	Кран закрыт
	Кран открыт
	Избыточное давление
	Вакуум
	Обратный пьезометр
	Вакуум-насос
$P_a$	Давление атмосферное
$P_A$	Давление абсолютное