

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 01.02.2022 14:38:53
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра теплогазоводоснабжения



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
_____ 2016 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ГИДРОСТАТИКИ И ЗАКОНА ПАСКАЛЯ

Методические рекомендации по выполнению
лабораторной работы для студентов специальности 08.05.01 и направлений
08.03.01, 15.03.01, 15.03.06, 23.03.03.

УДК 532 (075.8)

Составители: В.А.Незнанова, В.Г.Полищук

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент В.А.Морозов

Экспериментальная проверка основного уравнения гидростатики и закона Паскаля: /методические рекомендации по выполнению лабораторной работы Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.А.Незнанова, В.Г.Полищук. - Курск, 2016.- 8с.: ил.2 , табл.1. Библиогр.: с.8.

Излагаются основные положения законов гидростатики, методика определения гидростатического давления и порядок определения экспериментальной проверки закона Паскаля.

Предназначены для студентов специальности 08.05.01 и направлений 08.03.01, 15.03.01, 15.03.06, 23.03.03 дневной и заочной форм обучения, изучающих дисциплины «Механика жидкости и газа», «Гидравлика», «Гидравлика и гидропневмопривод».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 24.05.16. Формат 60x84 1/16.

Усл.-печ. л.0, 4 . Уч.-изд. л. 0, 3 . Тираж 100 экз. Заказ 520. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1. Общие положения

Гидростатика является разделом механики жидкостей и газа, в котором рассматривают равновесие покоящейся жидкости, распределение давления в ней, а также силовое воздействие жидкости на твердые тела.

Силы, действующие в покоящейся жидкости, подразделяют на массовые (их величина пропорциональна массе – сила тяжести, сила инерции, центробежная сила) и поверхностные (их величина зависит от площади воздействия – сила давления, сила поверхностного натяжения).

При изучении напряжений внутри покоящейся жидкости силами поверхностного натяжения обычно пренебрегают, а силы вязкого трения в покоящейся жидкости себя не проявляют.

Распределение давления p в покоящейся жидкости, находящейся под действием любых массовых сил, определяют интегрированием с учётом граничных условий дифференциального уравнения Л.Эйлера

$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz), \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости;

X, Y, Z – проекции результирующего вектора единичных ($m=1$) массовых сил на соответствующие оси пространственных координат x, y, z .

Поверхности равного давления определяют по уравнению (1), полагая $dp=0$.

При действии на покоящуюся жидкость лишь силы тяжести давление линейно возрастает с увеличением глубины h рассматриваемой точки

$$p = p_0 + \rho gh,$$

где p_0 – давление на свободной поверхности жидкости;

g – ускорение свободного падения,

а свободная поверхность жидкости является горизонтальной плоскостью $z = \text{const}$.

Для измерения давления в лабораторных условиях часто используют пьезометр – открытую стеклянную трубку диаметром около 5 мм, подсоединённую в точке, где измеряют величину давления:

$$p = p_0 + \rho gh = p_{\text{атм}} + \rho gh_p,$$

где $p_{\text{атм}}$ – атмосферное давление;

h_p – пьезометрическая высота (высота столба жидкости в пьезометре, измеренная относительно точки его подключения).

Пьезометрическая высота

$$h_p = \frac{P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}}}{\rho g} = \frac{P_{\text{изб}}}{\rho g}, \quad (2)$$

соответствует избыточному давлению (превышению абсолютного давления над атмосферным).

В открытом сосуде $p_0 = p_{\text{атм}}$ и пьезометрическая высота равна глубине погружения рассматриваемой точки жидкости ($h_p = h$). По этой же причине уровни покоящейся жидкости в открытых сообщающихся сосудах остаются одинаковыми (располагаются на одной горизонтали).

Для оценки положения в пространстве рассматриваемой точки жидкости вводят плоскость сравнения – любую горизонтальную плоскость, а также геометрическую высоту z – расстояние по вертикали от плоскости сравнения до рассматриваемой точки.

Сумму геометрической и пьезометрической высот рассматриваемой точки жидкости называют пьезометрическим напором

$$H_p = z + h_p = z + \frac{p_{\text{изб}}}{\rho g}, \quad (3)$$

который во всех точках покоящейся жидкости, находящейся под действием силы тяжести, одинаков (рис. 1):

$$H_p = z_1 + h_{p1} = z_2 + h_{p2} = \dots = \text{const.}$$

В этом заключается основное уравнение гидростатики. Оно имеет следующий физический смысл: во всех точках покоящейся жидкости удельная по отношению к весу жидкости потенциальная энергия является одинаковой.

Уравнение гидростатики справедливо и для полного гидростатического напора. Полным гидростатическим напором считают напор, учитывающий величину атмосферного давления на свободной поверхности жидкости, т.е

$$H_r = H_p + \frac{p_{\text{атм}}}{\rho g}. \quad (4)$$

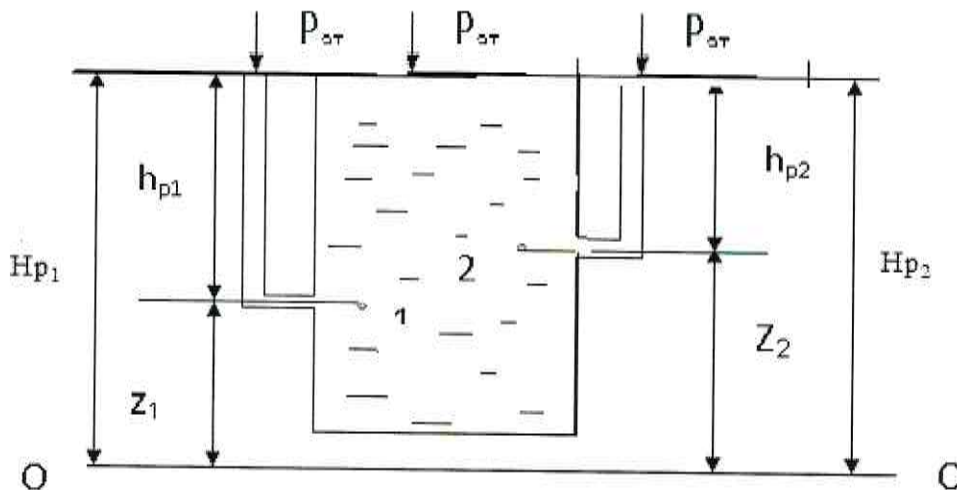


Рис.1 К обоснованию постоянства напора в покоящейся жидкости

Если в одной точке покоящейся жидкости изменить давление на величину Δp_1 , то и в других точках жидкости давление изменится на ту же самую величину.

Действительно, записав основное уравнение гидростатики в виде

$$z_1 + \frac{p_1 + \Delta p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2 + \Delta p_2}{\rho g},$$

или

$$p_1 + \frac{\Delta p_1}{\rho g} = p_2 + \frac{\Delta p_2}{\rho g}.$$

Последнее равенство возможно лишь при $\Delta p_1 = \Delta p_2$. Таким образом, изменение давления, производимое в любой точке покоящейся жидкости, передаётся по всем направлениям всем точкам жидкости одинаково.

Это свойство гидростатического давления называют законом Паскаля.

2. Лабораторный стенд и методика выполнения работы

Цель работы:

1. Определить величину гидростатического давления в любой точке рассматриваемой жидкости экспериментальным и расчетным способом.
2. Проверить основное положение закона Паскаля.
3. Проанализировать результаты расчетных и опытных данных. Сделать выводы.

На лабораторном стенде (рис.1) измеряют давление в покоящейся жидкости на различных глубинах. Опытные данные сопоставляют с вычисленными по основному уравнению гидростатики.

Вертикальный резервуар 1, заполненный водой и воздухом, позволяет измерить передачу давления от свободной поверхности к точкам жидкости на различных глубинах. Установка снабжена манометрами M_1, M_2, M_3 , вентилем 6 для подачи воды и вентилем 7 водомерной трубки 2. Сжатый воздух от компрессора 4 подается в верхнюю часть резервуара. **Высоту уровня Z_0 определяют по шкале водомерной трубки при открытом вентиле 7 до начала подачи сжатого воздуха. После измерения Z_0 вентиль 7 необходимо закрыть.** Отсчет ведется от плоскости сравнения О-О, проходящей через днище резервуара.

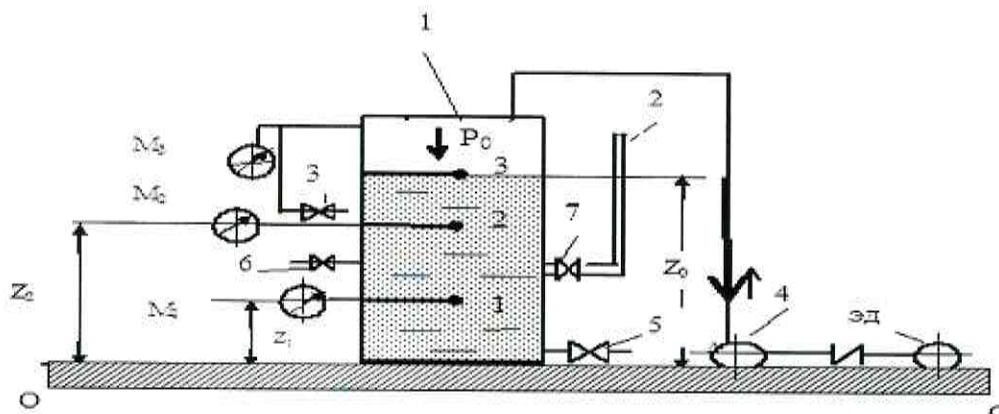


Рис.2 Схема стенда

- 1- резервуар; 2- водомерная трубка; 3- вентиль для связи с атмосферой; 4- компрессор с электроприводом; 5- вентиль для сброса воды в канализацию; 6- вентиль для заполнения стенда водой; 7- пробковый кран водомерной трубки.

При закрытом вентиле 5 и открытых вентилях 3,7 установку заполняют водой через вентиль 6 до отметки по водомерной трубке $Z_0=180-230$ см. После заполнения резервуара водой вентили 3, 6 и пробковый кран 7 необходимо закрыть.

Сжатый воздух подают в верхнюю часть резервуара компрессором до предельно-допустимого давления на свободной поверхности P_0 не более 2 кг/см^2 . Снимают показания давления с манометров M_1 и M_2 . Затем сжатый воздух с помощью вентиля 3 постепенно сбрасывают из стенда до показаний давления P_0 по манометру M_1 . Вновь записывают показания нижних меньших манометров. Давление на свободной поверхности снижают ступенчато (три-четыре раза) до величины атмосферного. При определении показаний манометров необходимо учитывать их чувствительность при низких давлениях.

При определении величин полных напоров H_1, H_2 и H_3 значения P_0, P_1, P_2 следует брать по показаниям приборов и учитывать, что манометры показывают давление на уровне своих осей, а не на уровнях подключения к резервуару. Для перевода полученных данных из одной системы единиц измерения в другую можно пользоваться следующими соотношениями: $1 \text{ ат} = 1 \text{ кг/см}^2 = 736 \text{ мм рт.ст.} = 10 \text{ м в.ст.} = 10^4 \text{ кг/м}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па} = 0,98 \text{ бар}$.

Обработку результатов эксперимента и их анализ проводится в таблице 1, приняв $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3 = 1 \text{ г/см}^3$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2 = 981 \text{ см/с}^2$

Вопросы для самопроверки

1. Формулировка основного уравнения гидростатики.
2. Определение абсолютного, избыточного и вакуумметрического давления.
3. Пьезометрическая высота, пьезометрический напор и полный гидростатический напор.
4. Способы и единицы измерения давления, соотношение единиц измерения давления.
5. Формулировка закона Паскаля.
6. Используя полученные данные, подтвердить действие закона Паскаля.

Библиографический список.

1. Лапшев, Н. Н. Гидравлика [Текст] : учебник / Н. Н. Лапшев. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2010. - 272 с.
2. Беленков, Ю. А. Гидравлика и гидропневмопривод [Текст] : учебник / Ю. А. Беленков, А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин. - Москва : Бастет, 2013. - 406 с.
3. Алымов, Ю. Г. Гидравлика [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Ю. Г. Алымов, В. А. Морозов ; Минобрнауки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Юго-Западный государственный университет". - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 98 с.
4. Попов, Д. Н. Гидромеханика [Текст]: учебник для вузов/ Д.Н. Попов, С.С. Панайотти, М.В. Рябинин. 3-е изд., стер. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Бу-мана, 2014. -384с.