|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № урока | содержание урока | кол-во часов, час. |
| 4 | Практическая работа № 1. Расчет силы давления в гидростатическом прессе | 1 |
| 5 | Лабораторная работа № 1. Методы измерения гидростатического давления. | 1 |

Практическая работа № 1. Расчет силы давления в гидростатическом прессе

**УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ**

При решении задач по гидростатике прежде всего нужно хорошо усвоить и не смешивать такие понятия, как давление *р*и сила *F.*

При решении задач на определение давления в той или иной точке неподвижной жидкости следует пользоваться основным уравнением гидростатики (1.1). Применяя это уравнение, нужно иметь в виду, что второй член в правой части этого уравнения может быть как положительным, так и отрицательным. Очевидно, что при увеличении глубины давление возрастает, а при подъеме — уменьшается.

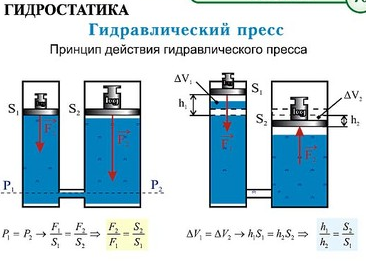
Необходимо твердо различать давления абсолютное, избыточное и вакуум и обязательно знать связь между давлением, удельным весом и высотой, соответствующей этому давлению (пьезометрической высотой).

При решении задач, в которых даны поршни или системы поршней, следует писать уравнение равновесия, т. е. равенство нулю суммы всех сил, действующих на поршень (систему поршней).

Решение задач следует проводить в международной системе единиц измерения СИ.

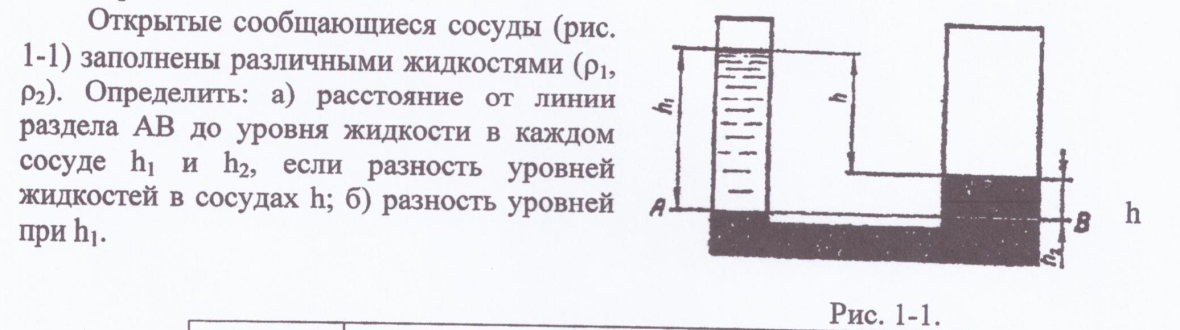
Решение задачи должно сопровождаться необходимыми пояснениями, рисунками (при необходимости), перечислением исходных величин (графа «дано»), переводом единиц в систему СИ.

**Гидравлический пресс**– гидростатическая машина, принцип действия которoй может быть описан основным уравнением гидростатики. Пресс состоит из двух сообщающихся между собой цилиндров с поршнями: малым площадью S1https://studfiles.net/html/2706/109/html_OD5N_7KrrO.i2n6/img-_diwOk.pngи большим площадью S2.



Задача № 1.

*Вариант 1-10*.



Дано:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | СИ | h2  h  h11  A  B |
| ρ 1 = 850 кг/м3 |  |
| ρ2 = 1360 кг/м3 |  |
| а) h = 20 см;  h1, h2 - ? | 20 .10-2  м |
| б) h1 = 57 см;  h- ? | 57 .10-2  м |

Решение:

Давление в сосудах на уровне АВ (согласно основному уравнению гидростатики *р= р0 + ρgh, р0 = ратм.* ):

*ρ1 g h1 = ρ2 g h2 , (1)*

a) определим h1, h2 :

*h = h1 - h2 или h1 =h + h2*

подставим в (1):

*ρ1 g (h + h2 ) = ρ2 g h2*

*ρ1 g h + ρ1 g h2 = ρ2 g h2*

*ρ1 g h = ρ2 g h2 - ρ1 g h2*

*h2 = ρ1 h/(ρ2 - ρ1 ) =* 20 .10-2850/(1360-850)=33,33.10-2 м.

*h1 =* 20 .10-2*+* 33,33.10-2 = 53,33.10-2 м.

б) определим h при h1 = 57 .10-2  м:

*h2 = h1 – h* подставим *в (1):*

*ρ1 g h1 = ρ2 g (h1 – h), ρ1 g h1 - ρ2 g h1= - ρ2 g h, ρ2 g h1  - ρ1 g h1 - = ρ2 g h*

*h= h1 (ρ2  - ρ1) / ρ2=*57 .10-2  (1360-850)/ 1360 = 34,2 10-2  м.

*Вариант 11-20.*Определить вакуум в резервуаре (рис.1.2), если заданы h1 и h1, атмосферное давление ратм.

Рис.1.2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | СИ |  |
| h1 = 225 мм | 225 . 10-3 м |
| h2 = 325 мм  ратм = 100 кПа | 325 . 10-3 м  100 . 103 Па |
| рвак - ? |

Решение:

Cоставим уравнение равновесия:

рвак = ρрт *g h2 -* ρводы *g h1* +ρводы *g (h2* - *h1) +* ρ рт *g h1*

Подставим значения: рвак =13600 . 9,81  . 325 . 10-3  - 1000 . 9,81  . 225 . 10-3  + 1000 . 9,81  . (325-225). 10-3 +13600 . 9,81  . 225 . 10-3  = 72153Па=7,36 м вод.ст.

(1 Па = 10,197 .10-5 м вод.ст.)

*Вариант 21-30.* Определить разность давлений в резервуарах А и В, заполненных бензином, если показание дифференциального ртутного манометра *hрт.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | рис. 1.3. |
| h РТ = 110 мм | 110 . 10-3 м |
| h РТ = 140 мм | 110 . 10-3 м |
| Δр -? | ρб = 710 кг/м3  ρрт =13600 кг/м3 |

Решение:

составим уравнение равновесия:

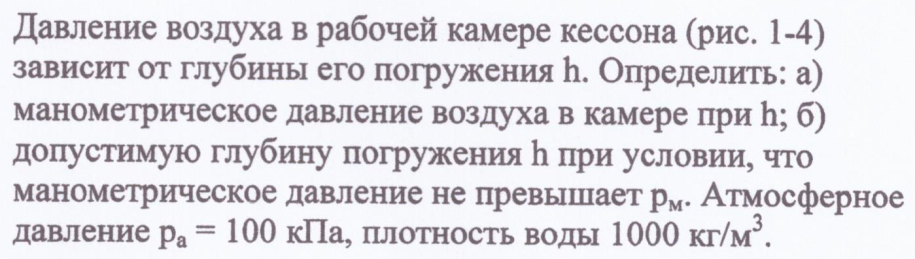
рА + ρбghрт = рВ + ρрт ghрт,

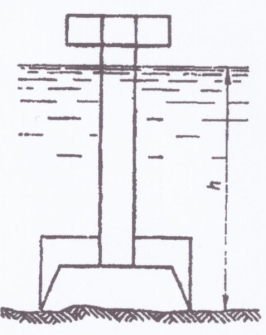
Тогда разность давлений:

рА + ρбghрт - рВ - ρрт ghРТ = 0; рА- рВ = ρрт ghРТ - ρбghрт = ghРТ (ρрт - ρб).

При h РТ = 110 . 10-3  м, Δр = рА- рВ = 9,81 . 110 . 10-3 (13600-710) =13,91 Па

При h РТ = 140 . 10-3  м, Δр = рА- рВ = 9,81 . 140 . 10-3 (13600-710) =17,7 Па

*Вариант 31-40.*



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | решение:  по закону Паскаля определим манометрическое давление:    ризб. = ρgh, |
| а) h = 30 м |  |
| б)pм=250 кПа | 250  . 103 Па |
| а) pм - ?  б) h - ? | ρводы=1000кг/м3 |

ризб. = 1000 . 9,81 . 30=294300Па.

Определим допустимую глубину:

h= ризб/ρg = 250  . 103/1000 . 9,81=25,5 м.

Лабораторная работа № 1. Методы измерения гидростатического давления.

**Цель работы:**

1. Определить цену деления стрелочного манометра в атмосферах, Н/м2, Па, мм.рт.ст, учитывая, что манометр имеет 100 элементарных делений.
2. Определить плотность второй жидкости, считая, что в левом дифференциальном пьезометре – вода.

**Этапы работы:**

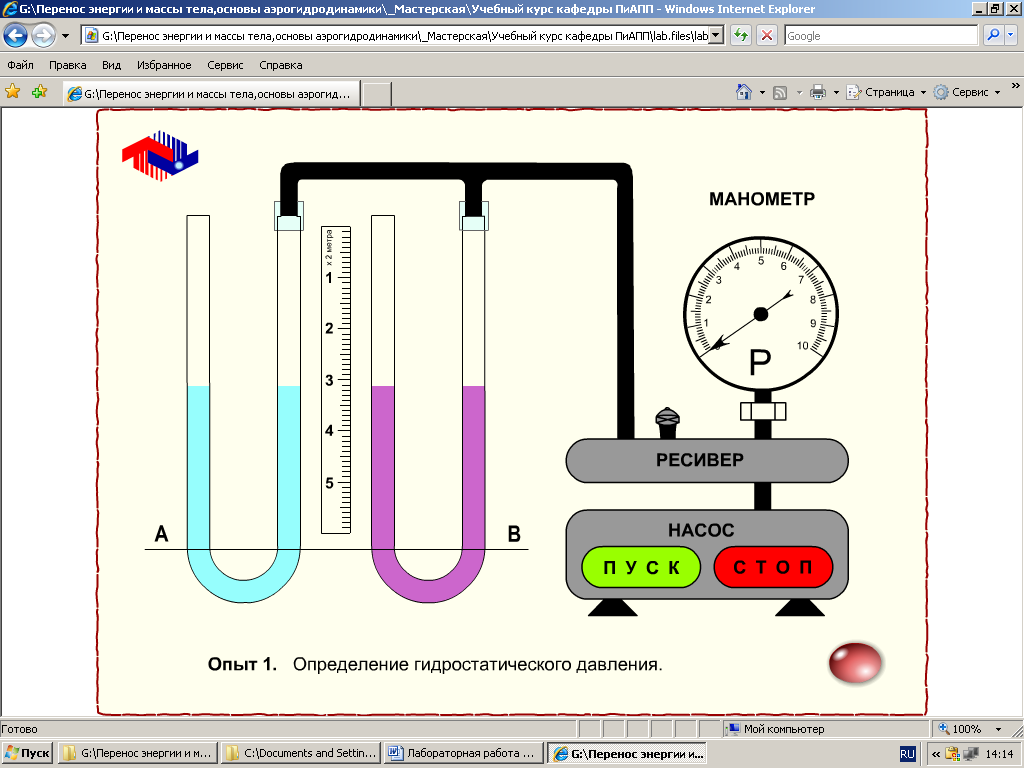
1. С помощью насоса создать давление.
2. Зафиксировать показания манометра.
3. Снять показания левого и правого пьезометра с помощью линейки.
4. Вычислить давление по высоте водяного столба левого пьезометра, вычислить цену деления стрелочного манометра.
5. Вычислить плотность жидкости правого пьезометра.
6. Привести установку в исходное состояние, выполнить действия по пп.1-5 не менее 3-х раз.
7. Вычислить среднее значение всех параметров.

**Объект исследования:** Виртуальная установка для определения гидростатического давления.  
(Разработчик: Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, кафедра ПиАПП.)

**Методы исследования:** Пуски лабораторной установки, измерение значений наблюдаемых параметров, расчет вычисляемых параметров.

**Ход работы:**  
Выполняем поэтапно 1-3. С помощью насоса в ограниченном объеме создается соответствующее давление, которое фиксируется манометром, а также двумя дифференциальными пьезометрами, заполненными: левый - водой, правый - жидкостью неизвестной плотности (рис.1).

Определяем значения следующих параметров: количество единиц манометра, высоту столба жидкости в левом и правом дифференциальных пьезометрах, и заносим их в Таблицу 1 «Результаты измерений и расчетов».

Приступаем к вычислению давления по высоте водяного столба левого пьезометра и вычислению цены деления стрелочного манометра. (См. Приложение П.1). Заносим полученные данные в Табл. №1. Теперь зная цену деления манометра, вычисляем плотность жидкости правого пьезометра (расчеты приведены в Приложении П.2), используя зависимость давления от плотности:  
  
P=р/(hE\*g)  
  
Заносим полученные результаты в Табл. №1.  
  
Приводим установку в исходное состояние и повторяем действия по этапам 1-5 3 раза (Расчеты см. Приложение П.1, П.2). Затем находим среднее всех рассчитанных параметров (См. Приложение П.3). Заносим измерения в Табл.1.  
  


**Рисунок 1. Схема виртуальной лабораторной установки для определения гидростатического давления**

**Таблица 1. Результаты измерений и расчетов**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер опыта | Манометр, единиц | Δhв, м | Δhн, м | **ρн, кг/м3** | **Цена деления манометра** | | | |
| **Н/м2** | **Атм.** | **Па** | **мм.рт.ст** |
| 1 | 24 | 29 | 12 | 413,79 | 4905 | 0,05 | 4905\*103 | 36,75 |
| 2 | 52 | 62 | 24 | 387,098 | 4527,71 | 0,046154 | 4527,71\*103 | 33,92 |
| 3 | 80 | 96 | 37 | 385,417 | 4537,125 | 0,04625 | 4537,125\*103 | 33,99 |
| Среднее значение | | | | **395,435** | **4656,612** | **0,047468** | **4656,612\*103** | **34,88667** |

**Выводы**

В ходе проведенной лабораторной работы мы установили цену деления стрелочного манометра в атмосферах, Н/м2, Па, мм.рт.ст.: 1деление=0,047468 атм=4656,612 Н/м2=4656,612 \*103Па=34,88667 мм.рт.ст. На основе расчетов цены деления и того, что в левом пьезометре вода, рассчитали плотность жидкости находящейся в правом пьезометре P=0,395435 \*103 кг/м3. В ходе выполнения работы изучили способ измерения плотности неизвестной жидкости с помощью дифференциального пьезометра, заполненного водой.

**Список использованных источников**

1. А.Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 2000, 750 стр.

**Приложение**

***П 1. Вычисление давления по высоте водяного столба левого пьезометра и вычисление цены деления стрелочного манометра.***

Высота жидкости в пьезометре измеряется по следующей формуле:  
  
h=pизб/pg  
  
Для измерения давления, равного одной атмосфере (9,81.104 Па), потребуется пьезометр с высотой трубки, заполняемой водой (плотность воды 1000 кг/м3при температуре t=20 oC):  
  
h=9,81.104/(1000\*9,81)=10м  
  
Давление в одну атмосферу можно выразить через другие единицы измерений:  
  
1 атмосфера техническая (1 am) = 735,6 мм.рт.ст. = 10 м.вод.ст. = 1 кгс/см2 = 10 000 кгс/м2 = 98 100 н/м2 (Па).  
  
Используя зависимость, вычисляем цену деления манометра ((3) на Рис.1). Для этого составляем пропорцию.  
  
I. Устанавливаем сколько атмосфер соответствует измеренной высоте водного столба hH=12 м;24 м; 37 м.  
  
1) 1 атм - 10 м вод.ст.  
  
Х атм - hH=12 м  
  
Х1=(12\*1)/10=1,2 атм=117720 н/м2(Па)=882 мм.рт.ст.  
  
2) Х2=(24\*1)/10=2,4 атм=235440 н/м2(Па)=1765 мм.рт.ст.  
  
3) Х3=(37\*1)/10=3,7 атм=362970 н/м2(Па)=2721 мм.рт.ст.  
  
II. Устанавливаем сколько укладывается атм, Н/м2 (Па) и мм.рт.ст. в одном делении манометра, т.е. определим цену деления манометра (обозначим ее буквой а) и находим среднее значение. Заносим результаты в табл.1.

1. а1=1,2/24=0,05 атм=4905 Н/м2=4905\*103(Па)=36,75 мм.рт.ст.;
2. а2=2,4/52=0,046154 атм=4527,71 Н/м2=4527,71 \*103 (Па)=33,92 мм.рт.ст.;
3. а3=3,7/80=0,04625 атм=4537,125 Н/м2=4537,125 \*103 (Па)=33,99 мм.рт.ст.;

Заносим результаты в Табл. №1.

***П 2. Вычисление плотности жидкости правого пьезометра***

Зная цену деления теперь можно определить плотность неизвестного вещества в правом пьезометре.  
  
P=р/(hE\*g)  
  
Имеем:  
  
Р1=24\*4905 Н/м2=117720 Н/м2,  
  
Р2=52\*4527,71 Н/м2=235440,92 Н/м2,  
  
Р3=80\*4537,125 Н/м2=362970 Н/м2,  
  
g=9,81 м/с2,  
  
hЕ1=29 м,  
  
hЕ1=62 м,  
  
hЕ1=96 м  
  
Получаем  
  
P1=117720/(29\*9,81)=413,79 кг/м3,  
  
P2=235440,92 /(62\*9,81)=387,098 кг/м3,  
  
P3=362970/(96\*9,81)= 385,417 кг/м3.  
  
Заносим полученные данные в табл.1

***П 3. Расчет средних значений рассчитанных параметров.***

I.Рассчитываем средние значения параметров для цены деления:  
  
атмср=(0,05+0,046154+0,04625)/3=0,047468 атм.  
  
Н/м2ср=(4905+4527,71+4537,125)/3=4656,612 Н/м2;  
  
Паср=(4905\*103+4527,71\*103+4537,125\*103)/3=4656,612 \*103 Па;  
  
мм.рт.ст.ср=(36,75+33,92+33,99)/3=34,88667 мм.рт.ст.  
  
Pср=(413,79+387,098+385,417)/3=395,435 кг/м3=0,395435\*103 кг/м3  
  
Заносим значения в Таблицу № 1 «Результаты измерений и расчетов».

**Выводы**

В ходе проведенной лабораторной работы мы установили цену деления стрелочного манометра в атмосферах, Н/м2, Па, мм.рт.ст.: 1деление=0,047468 атм=4656,612 Н/м2=4656,612 \*103Па=34,88667 мм.рт.ст. На основе расчетов цены деления и того, что в левом пьезометре вода, рассчитали плотность жидкости находящейся в правом пьезометре P=0,395435 \*103 кг/м3. В ходе выполнения работы изучили способ измерения плотности неизвестной жидкости с помощью дифференциального пьезометра, заполненного водой.