

Лабораторная работа

«Определение плотности жидкостей ареометром.»

Цель работы: состоит в ознакомлении и умении применять в практических расчетах и экспериментальных работах:

1 расчетные зависимости для определения основных физических свойств жидкости и единицы измерения их;

2 приборы для измерения основных физических свойств жидкости.

Теоретические сведения

Жидкостью называют физическое тело, которое легко изменяет свою форму под действием самых незначительных сил. Оно обладает свойством текучести, т.е. большой подвижностью своих частиц, и поэтому легко принимает форму сосуда, в котором находится.

По техническим свойствам жидкости разделяют на два класса: *малосжимаемые* (капельные) и *сжимаемые* (газообразные). Капельные жидкости отличаются тем, что в малых количествах принимают сферическую (капельную) форму, а в больших - обычно образуют свободную поверхность. Газы же способны к весьма значительному уменьшению своего объема под действием давления и к неограниченному расширению при его отсутствии, т.е. они обладают большой сжимаемостью.

Жидкости и газы характеризуются определенными физическими свойствами, важнейшими из которых являются удельный вес, плотность и вязкость.

Удельным или объемным весом жидкости (удельной силой тяжести) называется вес единицы ее объема:

$$\gamma = G/V, (1)$$

где γ - удельный вес жидкости, Н/м³;

G - вес жидкости, Н;

V - объем, занимаемый жидкостью, м³.

Например, для воды $t = + 4^{\circ}\text{C}$, $\gamma = 9810 \text{ Н/м}^3$.

Плотностью называется масса жидкости, заключенная в единице объема:

$$\rho = m/V, (2)$$

где ρ - плотность жидкости, кг/м³;

m - масса жидкости, кг;

V - объем жидкости, м³;

Например, для воды при $t = +4 \text{ C}$, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Удельный вес и плотность жидкости связаны между собой весьма важной зависимостью, которая широко используется при гидравлических расчетах:

$$\gamma = \rho g (3)$$

Отсюда видно, что удельный вес не является величиной постоянной, т.к. он зависит от g – ускорения силы тяжести, изменяющегося, как известно, в зависимости от места измерения.

Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление относительному движению (сдвигу) ее частиц.

Единицами измерения вязкости служат коэффициенты вязкости. Наиболее употребимыми являются:

- динамический коэффициент вязкости μ [Па*с];
- кинематический коэффициент вязкости ν [м²/с], которые взаимосвязаны следующим отношением:

$$\nu = \mu / \rho \quad (4)$$

где ν – кинематический коэффициент вязкости м²/с; μ – динамический коэффициент вязкости, Па*с; ρ – плотность жидкости, кг/м³

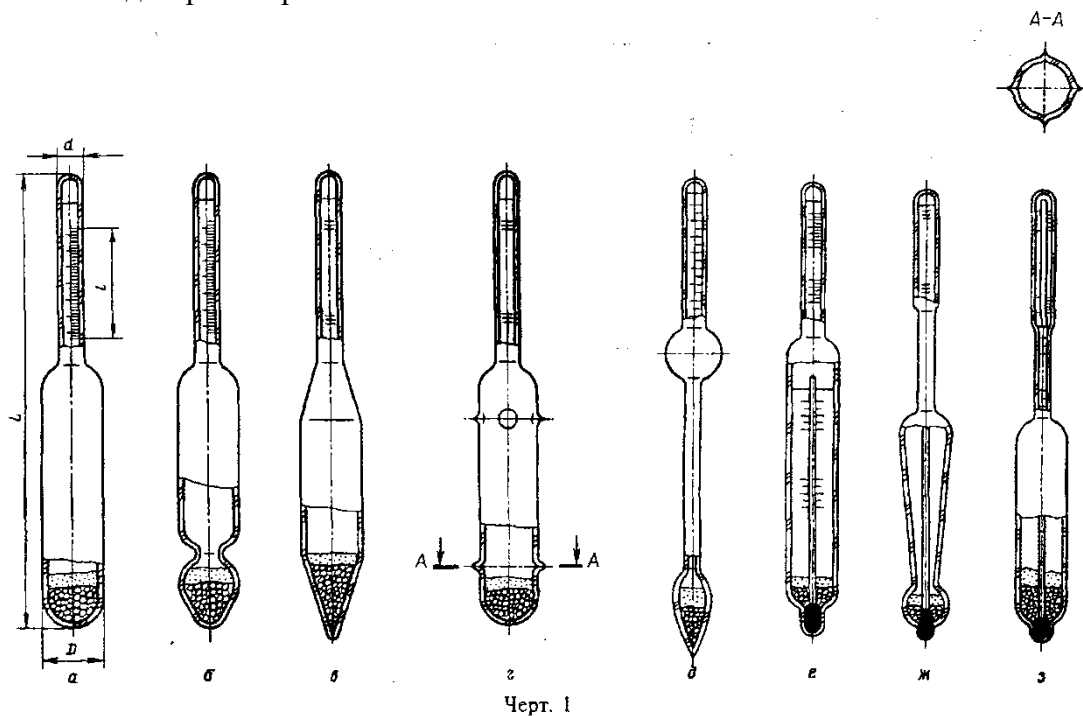
– условная вязкость, выражающаяся в градусах Энглера (°Е), которая переводится в кинематический коэффициент вязкости по эмпирической формуле.

Приборы для измерения удельного веса и вязкости

Определение удельного веса

Удельный вес (плотность) жидкости обычно определяется при помощи специального прибора, называемого ареометром, который представляет собой удлиненный пустотелый стеклянный цилиндр

Виды ареометров



Черт. 1

Ареометр градуирован и имеет на верхней узкой части - ареометрическую шкалу, показывающую удельный вес (или плотность) жидкости. Для измерения удельного веса ареометр погружается в сосуд с исследуемой жидкостью и благодаря грузу, помеченному в нижней его части (обычно ртуть или дробь), плавает, сохраняя вертикальное положение. Деление на ареометрической шкале, до которой погружается ареометр, считанное по верхнему краю мениска жидкости, показывает значение удельного веса (плотности). Существуют ареометры, показывающие удельный вес в условных градусах, которые могут быть пересчитаны в системные единицы по специальным формулам. Так же существуют ареометры, градуированные для специализированных продуктов (растворов спирта, молока, серной кислоты и т.д)

Аппаратура

Ареометры по ГОСТ 18481 общего назначения с ценой деления 1 кг/м^3 ($0,001 \text{ г/см}^3$).

Термометр для измерения температуры от 0 до $50 \text{ }^\circ\text{C}$ с ценой деления $1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Термостат.

Цилиндр стеклянный для ареометров по ГОСТ 18481 из бесцветного стекла, с внутренним диаметром больше диаметра ареометра не менее чем на 25 мм.

Методика выполнения работы

Существует ряд стандартных методов определения плотности различных жидких продуктов. В данной работе определение плотности жидкостей осуществляется прямым методом в соответствии с ГОСТ 18995.1-73.

Сущность метода заключается в вытеснении прибором измеряемой жидкости из заданного объема.

Испытуемую жидкость помещают в чистый сухой цилиндр так, чтобы уровень жидкости не доходил до верхнего его края на 3 - 4 см. Цилиндр с жидкостью помещают в термостат с температурой $(20 \pm 0,1) \text{ }^\circ\text{C}$.

Измеряют температуру испытуемой жидкости, осторожно перемешивая ее термометром. Когда температура жидкости установится $(20 \pm 0,1) \text{ }^\circ\text{C}$, цилиндр вынимают из термостата и устанавливают на ровной поверхности. В цилиндр осторожно опускают чистый сухой ареометр, шкала которого соответствует ожидаемому значению плотности. Расстояние от нижнего конца ареометра, погруженного в жидкость, до дна цилиндра должно быть не менее 3 см.

Ареометр не выпускают из рук до тех пор, пока он не станет плавать, не касаясь стенок и дна цилиндра.

Когда прекратятся колебания ареометра, отсчитывают его показания по нижнему краю мениска (при использовании ареометров общего назначения) или по верхнему краю мениска (при использовании ареометров для нефти).

При отсчете глаз должен находиться на уровне соответствующего края мениска.

После определения плотности снова измеряют температуру испытуемой жидкости.

Если разность температур, измеренных до проведения испытания и после него, превышает $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$, необходимо повторять испытание до тех пор, пока температура образца не установится.

За результат испытания принимают среднеарифметическое результатов трех параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 1 кг/м^3 ($0,001 \text{ г/см}^3$) для ареометров с ценой деления 1 кг/м^3 ($0,001 \text{ г/см}^3$) и $0,5 \text{ кг/м}^3$ ($0,0005 \text{ г/см}^3$) для ареометров с ценой деления $0,5 \text{ кг/м}^3$ ($0,0005 \text{ г/см}^3$).

В трех сосудах находится три разные жидкости. С помощью показания ареометра, определить плотность жидкости в каждом сосуде.

После получения результата для одного образца жидкости, весь цикл измерений производится для следующего образца.

В случае раствора поваренной соли, можно определить ее концентрацию в растворе по справочным данным (см. приложение)

Регистрация результатов опыта

Наименование определяемого вещества	Плотность, г/см ³ (первое изм.) ρ ₁	Плотность, г/см ³ (второе изм.) ρ ₂	Плотность, г/см ³ (третье изм.) ρ ₃	Среднее значение, г/см ³
Вода				
Масло				
Солевой раствор				

Математическая обработка полученных результатов

Расхождение результатов анализа между параллельными пробами не должно превышать 0,2 %. За плотность анализируемой пробы принимают среднеарифметическую величину всех определений.

Определение плотности жидкости в пробе:

Расчет значения плотности продукта, как среднеарифметическая величина всех определений:

$$\rho_{\text{ср}} = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \dots + \rho_n)/n;$$
$$\rho_{\text{ср}} = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)/3; \text{ (для результатов измерений)}$$

Определение отклонения результатов:

Отклонением называют разность между каким-либо результатом определения (вариантой) и средним арифметическим, сумма всех положительных и отрицательных отклонений от среднего арифметического равна нулю ($\sum d = 0$).

$$d = p_n - p_{\text{ср}};$$
$$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$$

Определение стандартного отклонения S:

Количественной характеристикой воспроизводимости является стандартное отклонение S, которое находят методами математической статистики. Для небольшого числа измерений (малой выборки) при n=1-10, S равно корню квадратному из суммы квадратов всех отклонений ряда, деленной на число членов ряда, минус единица:

Величину S называют также средней квадратичной погрешностью.

$$S = \sqrt{\sum d^2 / (n - 1)}$$
$$S = \sqrt{(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2) / (n - 1)}$$

Воспроизводимость измерений (воспроизводимость результатов анализов) - это качество измерений (результатов анализов), отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в различных местах) по данной методике.

В процентах воспроизводимость оценивают по величине относительного стандартного отклонения.

Определение стандартного отклонения S:

$$\Delta S = S/p_{\text{ср}} * 100; \%$$

Обычно считают при $\Delta S = 1...5\%$ воспроизводимость результатов измерения хорошей, при $\Delta S = 5...10\%$ - удовлетворительной, при $\Delta S = 10...15\%$ - плохой, хотя эта шкала воспроизводимости условна и зависит от метода анализа.

Справочный материал:



Плотность раствора поваренной соли в зависимости от её массовой доли

• Таб.2.

Плотность раствора (г/куб. см)	Массовая доля NaCl (в %)	Плотность раствора (г/куб. см)	Массовая доля NaCl (в %)	Плотность раствора (г/куб. см)	Массовая доля NaCl (в %)
1,080	11,15	1,107	14,75	1,134	18,25
1,081	11,29	1,108	14,87	1,135	18,37
1,082	11,44	1,109	15,00	1,136	18,50
1,083	11,58	1,110	15,14	1,137	18,62
1,084	11,72	1,111	15,29	1,138	18,75
1,085	11,86	1,112	15,43	1,139	18,87
1,086	12,00	1,113	15,58	1,140	19,00
1,087	12,15	1,114	15,72	1,141	19,12
1,088	12,29	1,115	15,86	1,142	19,25
1,089	12,44	1,116	16,00	1,143	19,37
1,090	12,58	1,117	16,12	1,144	19,50
1,091	12,72	1,118	16,25	1,145	19,62
1,092	12,86	1,119	16,37	1,146	19,75
1,093	13,00	1,120	16,50	1,147	19,87
1,094	13,12	1,121	16,62	1,148	20,00
1,095	13,25	1,122	16,75	1,149	20,12
1,096	13,37	1,123	16,87	1,150	20,25
1,097	13,50	1,124	17,00	1,151	20,37
1,098	13,62	1,125	17,12	1,152	20,50
1,099	13,75	1,126	17,25	1,153	20,62
1,100	13,87	1,127	17,37	1,154	20,75
1,101	14,00	1,128	17,50	1,155	20,87
1,102	14,12	1,129	17,62	1,156	21,00
1,103	14,25	1,130	17,75	1,157	21,12
1,104	14,37	1,131	17,87	1,158	21,25
1,105	14,50	1,132	18,00	1,159	21,37
1,106	14,62	1,133	18,12	1,160	21,50