

Югорский государственный университет

Институт нефти и газа

Отчет по лабораторной работе

По дисциплине: Гидрогазодинамика

Выполнил: студент гр. зб-2481

Гараев Р. Г.

Преподаватель: Орлов А.В.

Ханты-Мансийск

2022г.

Цель работы. Освоение техники измерения плотности, температурного расширения, вязкости и поверхностного натяжения жидкостей.

1.1. Определение коэффициента температурного расширения термометрической жидкости

Коэффициент температурного расширения термометрической жидкости определяется в следующем порядке на основе мысленного эксперимента. Предполагается, что температура окружающей среды возросла от нижнего (нулевого) до верхнего (максимального) значения шкалы термометра и уровень жидкости в капилляре повысился на величину.

1. Подсчитать число градусных делений ΔT в шкале термометра и измерить расстояние между крайними штрихами шкалы.

$$l=40$$

2. Вычислить предполагаемое приращение объема термометрической жидкости:

$$\Delta W = \pi r^2 l \quad (1.1.1)$$

где r – радиус капилляра термометра, его значение указано на устройстве, l – уровень жидкости в капилляре.

$$\Delta W = 3.14 * 0.1256 * 10^{-9} \text{ м}^3 \quad (1.1.2)$$

3. Находим значение коэффициента температурного расширения:

$$\beta_m = \frac{W}{W * T} \quad (1.1.3)$$

$$\beta_m = \frac{0.1256 * 10^{(-9)}}{0.0212 * 10^{-9} * 40} = 0.0014 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad (1.1.4)$$

Таблица 1.1

Вид жидкости	$r, \text{ м}$	$W, \text{ м}^3$	$\Delta T, \text{ } ^\circ\text{C}$	$l, \text{ м}$	$\Delta W, \text{ м}^3$	$\beta_T, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\beta_T^*, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Спирт	$0.1 * 10^{-3}$	$0.0212 * 10^{-9}$	40	40	$0.1256 * 10^{-9}$	0.0014	0.0011

Вывод: полученное в ходе проведения эксперимента значение коэффициента температурного расширения отличается на $\Delta = 0.0003 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ от значения, представленного в справочной таблице.

1.2. Измерение плотности жидкости ареометром

В ходе работы выполнить следующие операции.

1. Измерить глубину погружения ареометра по положению верхнего края мениска жидкости вокруг ареометра на его миллиметровой шкале.

2. Вычислить плотность жидкости:

$$\rho = \frac{4m}{(\pi d^2 h)} \quad (1.2.1)$$

где m и d – масса и диаметр ареометра (указаны на корпусе устройства), h – глубина погружения ареометра.

$$\rho = \frac{4 * 5.6}{(3.14 * 1.1^2 * 6.3)} = 0.935 \text{ г/см}^3 \quad (1.2.2)$$

Таблица 1.2

Вид жидкост и	m , г	d , см	h , см	ρ , г/см ³	ρ^* , г/см ³
Вода	5.6	1.1	6.3	0.936	0.998

Вывод: полученное значение плотности жидкости отличается от справочного значения на $\Delta = 0.062 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

1.3. Определение вязкости вискозиметром Стокса

Вискозиметр Стокса 3 достаточно прост, содержит цилиндрическую емкость, заполненную исследуемой жидкостью, и шарик. Прибор позволяет определить вязкость жидкости по времени падения шарика в ней следующим образом.

1. Повернуть устройство № 1 в вертикальной плоскости на 180° и измерить с использованием секундомера время прохождения шариком расстояния между двумя метками в приборе. Шарик должен падать по оси емкости без соприкосновения со стенками. Опыт выполнить три раза, а затем определить среднеарифметическое значение времени

2. Вычислить опытное значение кинематического коэффициента вязкости жидкости:

$$v = \frac{g d^2 t \left(\frac{\rho_w}{\rho} - 1 \right)}{\left(18l + 43.2l \left(\frac{d}{D} \right) \right)} \quad (1.3.1)$$

где g – ускорение свободного падения; d , D – диаметры шарика и цилиндрической емкости; ρ , ρ_w – плотности жидкости и материала шарика.

$$v = \frac{9.8 * 0.008^2 * \left(\frac{1102}{900} - 1 \right)}{\left(18 * 0.07 + 43.2 * 0.07 \left(\frac{0.008}{0.02} \right) \right)} = 0.003 \text{ м}^2/\text{с} \quad (1.3.2)$$

Таблица 1.3

Вид жидкости	ρ , кг/м ³	t, с	l, м	d, м	D, м	ρ_w , кг/м ³	v , м ² /с	v , м ² /с
Масло М-8В	900	11.6	0.07	0.008	0.02	1102	0.003	0,0008

Вывод: полученное значение кинематического коэффициента вязкости жидкости отличается от справочного на $\Delta = 0.0022 \frac{м^2}{с}$

1.4. Измерение вязкости капиллярным вискозиметром

Капиллярный вискозиметр 4 включает емкость с капилляром. Вязкость определяется по времени истечения жидкости из емкости через капилляр в следующем порядке.

1. Перевернуть устройство № 1 в вертикальной плоскости и определить время истечения объема жидкости между метками (высотой S) через капилляр и температуру T .

2. Вычислить значение кинематического коэффициента вязкости

$$v = Mt \quad (1.4.1)$$

$$v = 0.00000667 * 97 = 0.000646 \quad (1.4.2)$$

Таблица 1.4

Вид жидкости	$M, \text{м}^2/\text{с}^2$	$t, \text{с}$	$v, \text{м}^2/\text{с}$	$T, \text{°C}$	$v^*, \text{м}^2/\text{с}$
Масло М-8В	$6.67 * 10^{-6}$	97	$\frac{0.0006469}{9}$	20	0,00080000

Вывод: полученное значение кинематического коэффициента вязкости отличается от справочного на $\Delta = 0.00015 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

1.5 Измерение поверхностного натяжения жидкости сталагмометром

Сталагмометр 5 служит для определения поверхностного натяжения жидкости методом отрыва капель и содержит емкость с капилляром. Сила поверхностного натяжения в момент отрыва капли от капилляра равна ее весу (силе тяжести), и поэтому определяется по плотности жидкости и числу капель, полученному при опорожнении емкости с заданным объемом.

1. Перевернуть устройство № 1 и подсчитать число капель, оторвавшихся от капилляра при снижении уровня жидкости между двумя метками, т. е. полученных из объема высотой S . Опыт повторить три раза и вычислить среднее арифметическое значение числа капель n .

2. Найти опытное значение коэффициента поверхностного натяжения

$$\sigma = \frac{K\rho}{n} \quad (1.5.1)$$

где K - постоянная сталагмометра, указана на корпусе устройства

$$\sigma = \frac{6,67 * 10^{-3} * 900}{232} = 0,0258 \frac{H}{м} \quad (1.5.2)$$

Вид жидкости	$K, м^3/с$	$\rho, кг/м^3$	n	$\sigma, H/м$	$\sigma^*, H/м$
Масло М-8В	0.00667	900	232	0.025	0,025

Вывод: опытное значение коэффициента поверхностного натяжения отличается от справочного на $\Delta = 0 \frac{H}{м}$

Ответы на вопросы

1. Перечислите методы измерения плотности жидкости и поясните принцип действия известных плотномеров.

Ареометрический метод (определение плотности жидкостей)

Для определения плотности жидкостей используют ареометр.

Ареометр представляет собой стеклянную трубку, которая погружается в исследуемую жидкость на глубину, зависящую от ее плотности. Значение плотности считывают по шкале ареометра, по нижнему краю мениска жидкости. Динамическая вязкость исследуемой жидкости не должна быть более 5 Па·с.

Метод гидростатического взвешивания (определение плотности жидкостей и твердых веществ)

Плотность твердого вещества определяют по разнице массы пробы на воздухе и в жидкости с известной плотностью (например, в воде).

Измеренная таким образом плотность представляет собой объемную плотность и характерна только для конкретной исследуемой пробы.

Для определения плотности жидкости твердое тело известного объема вначале взвешивают на воздухе и затем при погружении в жидкость.

Динамическая вязкость исследуемой жидкости не должна быть более 5 Па·с.

Метод погруженного тела (определение плотности жидкостей)

Емкость, содержащую пробу исследуемой жидкости, помещают на весы и взвешивают. Затем тело с известным объемом (обычно металлическое сферическое тело объемом примерно 10 см³), которое крепится к штативу, независимому от весов, погружают в жидкость. Действие, оказываемое погруженным телом на весы, не отличается от действия, оказываемого свободно плавающим телом с объемом, равным объему погруженного тела, и плотностью окружающей жидкости. Плотность жидкости получают делением увеличения массы за счет погружения тела на известный объем тела. Метод применим для жидкостей с динамической вязкостью менее 20 Па·с.

Пикнометрический метод (определение плотности жидкостей и твердых веществ)

Плотность рассчитывают делением разницы массы полного и пустого пикнометра на его объем. Метод применим для жидкостей с динамической вязкостью не более 500 Па·с.

Вибрационный плотномер (определение плотности жидкостей)

Механический вибратор в форме U-образной трубки колеблется на его резонансной частоте, которая зависит от его массы. При внесении прибора в пробу исследуемой жидкости резонансная частота колебаний изменяется. Прибор следует откалибровать с использованием двух стандартных жидкостей с известной плотностью. Стандартные жидкости выбирают таким образом, чтобы значения их плотностей охватывали диапазон, в который попадает предполагаемая плотность исследуемой жидкости. Метод применим для жидкостей с динамической вязкостью менее 5 Па·с.

2. Что называют сжимаемостью? Чем она характеризуется?

Сжимаемость – свойство жидкости уменьшать объем под действием давления. Она оценивается коэффициентом сжимаемости, показывающим относительное уменьшение объема жидкости при повышении давления на единицу:

$$\beta_p = -(\Delta W/W)/\Delta p.$$

3. Как определяется коэффициент температурного расширения?

$$\beta_T = \Delta W/(W\Delta T)$$

Коэффициент теплового расширения — физическая величина, характеризующая относительное изменение объёма или линейных размеров тела с увеличением температуры на 1С при постоянном давлении.

4. Какие величины измеряют при определении коэффициентов вязкости вискозиметрами различных типов?

Кинематический коэффициент вязкости

5. Что подразумевают под термином «вязкость жидкости»? Как связаны динамический и кинематический коэффициенты вязкости?

Вязкость – свойство жидкости сопротивляться относительному скольжению ее слоев. Ее оценивают динамическим коэффициентом вязкости μ , который измеряется в паскаль*секундах (Па*с) и равен касательному напряжению между соседними слоями, если их относительная скорость перемещения численно равна толщине слоя. Кинематический коэффициент вязкости определяют из формулы $\nu = \mu/\rho$ и измеряют в квадратных метрах на секунду (м²/с) или стоксами (1 Ст = 1 см²/с).

Коэффициенты определяются видом жидкости, не зависят от скорости течения и существенно уменьшаются с возрастанием температуры.

6. Что такое поверхностное натяжение жидкости? В каких единицах она измеряется? Каким прибором? Как он устроен?

Поверхностное натяжение – свойство жидкости образовывать поверхностный слой взаимно притягивающихся молекул – характеризуется коэффициентом поверхностного натяжения σ , равным силе на единицу длины контура свободной поверхности.

Единицы измерения - Н/м

Поверхностное натяжение измеряется Сталагмометром.

Сталагмометр представляет собой стеклянную трубку с расширением посередине и капилляром в нижней части; расширенная часть ограничена двумя метками. Поместив капилляр в стаканчик с исследуемым раствором, при помощи резиновой груши затягивают раствор в прибор (уровень жидкости должен быть выше верхней метки) и дают жидкости по каплям

вытекать из сталагмометра в стаканчик. Скорость истечения можно регулировать при помощи винтового зажима. Когда уровень жидкости достигнет верхней метки, начинают отсчет капель; отсчет продолжают до достижения уровнем нижней метки.

Определение поверхностного натяжения этим методом заключается в измерении объема или веса капли жидкости, отрывающейся от кончика капилляра в нижнем конце сталагмометрической трубки.