

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Комплексная учебная лаборатория факультета переработки минерального сырья

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

По дисциплине Процессы и аппараты химической технологии
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема работы: Изучение режимов течения жидкости

Выполнил: студент гр. ТХ-21-2 (шифр группы) (подпись) Смяткина А.Д. (Ф.И.О.)

Оценка:

Дата: _____

Проверил

руководитель работы: доцент (должность) (подпись) Зырянова О. В. (Ф.И.О.)

Санкт-Петербург

2023

Цель работы: изучить режимы течения жидкости и определить от чего они зависят.

Краткие теоретические сведения

Идеальная модель жидкости — модель жидкости, в которой взаимное перемещение частиц с неизменной скоростью не встречает сопротивления и не требует затрат энергии.

Модель слоистого движения — модель жидкости, в которой частицы, обладающие разными скоростями, движутся равномерно и прямолинейно в разных прилегающих друг к другу слоях.

Деформация сдвига жидкости — проскальзывание одного слоя жидкости относительно другого.

В идеальных жидкостях и газах эта деформация проходит без трения и не требует затраты работы внешней силы.

В реальных жидкостях и газах деформация сопровождается затратами энергии на преодоление сил трения

Вязкость — свойство жидкостей оказывать сопротивление сдвигу.

Количественно вязкость может быть получена из закона внутреннего трения Ньютона.

$$\tau = \pm \mu \frac{du}{dn} \text{ где}$$

τ — касательное напряжение между слоями (сила трения, отнесенная к единице площади соприкосновения слоев [Н/м²];

μ — динамическая вязкость [Па·с]

$\frac{du}{dn}$ — градиент скорости

Динамическая вязкость

$$\mu = \tau \frac{dn}{du} \text{ [Па·с] — СИ; } 1 \text{ Пуаз} = \left[\frac{\text{г}}{\text{см·с}} \right] \text{ — СГС}$$

Кинематическая вязкость

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right] \text{ — СИ; } 1 \text{ Стокс} = \left[\frac{\text{см}^2}{\text{с}} \right] \text{ — СГС}$$

Режимы течения жидкости

Ламинарный режим — режим течения жидкости, при котором частицы движутся параллельно друг другу в направлении общего течения, при этом истинные скорости движения частиц на разном удалении от стенок трубопровода различны, в потоке имеет место слоистый характер движения жидкости, где каждый из бесконечного множества слоев объединяет частицы с одинаковой скоростью.

Турбулентный режим — режим течения жидкости, при котором наряду с общим продольным направлением перемещения потока частицы начнут совершать движения в поперечном направлении, описывая сложные траектории в потоке.

Количественной мерой режима движения жидкости является число Рейнольдса Re . Зависит от расхода или средней скорости течения жидкости, кинематической вязкости и поперечных размеров потока.

$Re = 2320$ — Критическое значение. При $Re < Re_{кр}$ — ламинарный режим; $Re > Re_{кр}$ — турбулентный режим.

Расчетные формулы

1. Площадь поперечного сечения трубы

$$f = \frac{\pi d^2}{4} \text{ м, где } d \text{ — диаметр трубы, м}$$

2. Скорость течения потока жидкости

$$w = \frac{Q}{f}; \text{ м/с, где } Q \text{ — расход жидкости м}^3; f \text{ — площадь поперечного сечения трубы.}$$

3. Число Рейнольдса

$$Re = \frac{wd}{\nu}, \text{ где } w \text{ — скорость течения потока жидкости м/с; } d \text{ — диаметр трубы м; } \nu \text{ — кинематическая вязкость воды, м}^2/\text{с.}$$

4. Кинематическая вязкость воды при атмосферном давлении

$$\nu = \frac{0,0178}{1+0,0337t+0,000221t^2} \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с, } t \text{ — средняя температура среды, } ^\circ\text{C}$$

5. Соотношение средней и максимальной скоростей в турбулентном режиме

$$\omega = \frac{1}{1,64} Re^{38}$$

Таблица результатов измерений и расчетов

№	d , м	f , м ²	Q , л	w , м/с	t , °C	ν , м ² /с	Re	Режим движения жидкости
1	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	0,1	0,0148	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	175	Ламинарный
2	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	0,6	0,089	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	1051	Ламинарный
3	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	1,5	0,221	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	2628	Переходный
4	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	4,3	0,634	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	7536	Переходный
5	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	4,4	0,649	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	7711	Переходный
6	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	5,1	0,752	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	8938	Переходный
7	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	5,8	0,855	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	10165	Турбулентный
8	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	6,9	1,017	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	12093	Турбулентный
9	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	7,9	1,165	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	13845	Турбулентный
10	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	8,5	1,253	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	14897	Турбулентный
11	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	8,8	1,297	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	15423	Турбулентный
12	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	9,3	1,372	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	16298	Турбулентный
13	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	9,4	1,386	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	16474	Турбулентный
14	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	9,5	1,401	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	16649	Турбулентный
15	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	9,7	1,431	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	17000	Турбулентный
16	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	10,2	1,504	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	17876	Турбулентный
17	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	10,7	1,578	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	18752	Турбулентный
18	0,012	$1,13 \cdot 10^{-4}$	11,1	1,637	20	$1,009 \cdot 10^{-6}$	19453	Турбулентный

(Таблица 1)

Примеры расчетов для таблицы №1 значения №4

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4} = 1,13 \cdot 10^{-4} \text{ м};$$

$$w = \frac{Q}{f} = \frac{4,3 \cdot 10^{-3}}{1,13 \cdot 10^{-4} \cdot 60} = 0,634 \text{ м/с}$$

$$\nu = \frac{0,0178}{1 + 0,0337 \cdot 20 + 0,000221 \cdot 20^2} \cdot 10^{-4} = 1,009 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с},$$

$$Re = \frac{wd}{\nu} = \frac{0,634 \cdot 0,012^2}{1,009 \cdot 10^{-6}} = 7536$$

На основе данных таблицы №1 были рассчитаны следующие значения:

№	Lg(Re)	ω	№	Lg(Re)	ω
1	2,24	0,50	10	4,17	0,79
2	3,02	0,50	11	4,19	0,79
3	3,42	0,75	12	4,21	0,79
4	3,88	0,77	13	4,22	0,79
5	3,89	0,77	14	4,22	0,79
6	3,95	0,77	15	4,23	0,79
7	4,01	0,78	16	4,25	0,79
8	4,08	0,78	17	4,27	0,79
9	4,14	0,78	18	4,29	0,79

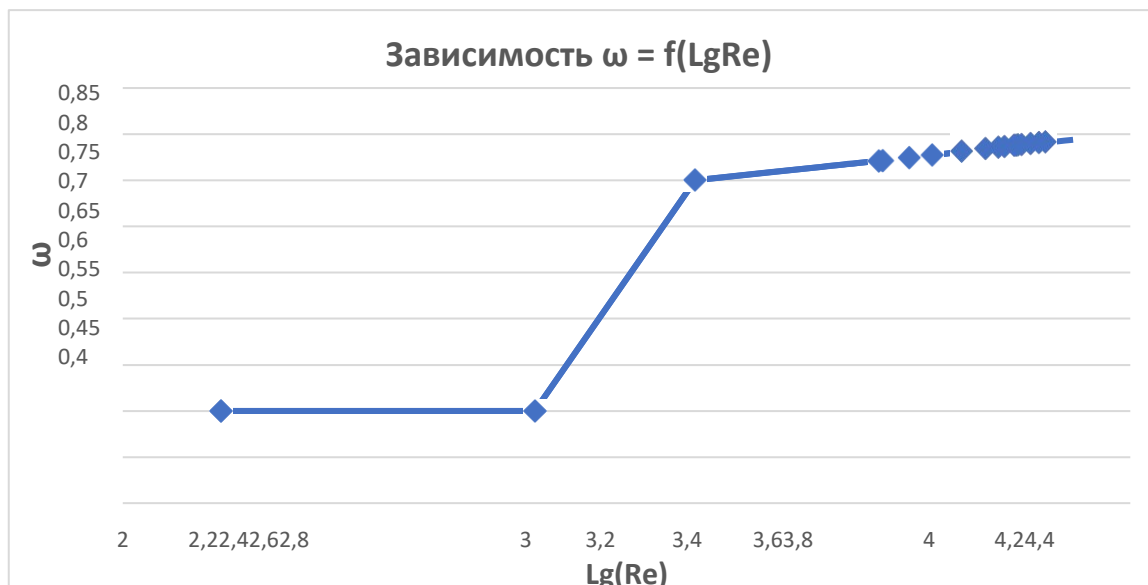
(Таблица №2)

Пример расчета для таблицы №2 значения №4

$$\omega = \frac{Re^{38}}{1,64} = \frac{7536^{38}}{1,64} = 0,77$$

Графическая обработка данных

На основе таблицы №2 построена зависимость соотношения средней и максимальной скоростей жидкости от LgRe



Вывод: В ходе лабораторной работы были изучены режимы течения жидкостей. Было установлено, что режимы течения жидкостей зависят от числа Рейнольдса, которое, в свою очередь, зависит от скорости течения жидкости, диаметра поперечного сечения потока и кинематической вязкости жидкости. Также на практике было установлено, что изменяя расход жидкости, скорость потока также изменяется: при постоянном значении площади поперечного сечения трубы чем больше скорость потока, тем выше его скорость. На основе полученных данных была построена зависимость соотношения средней и максимальной скоростей жидкости от $\lg Re$, при разных режимах течения жидкостей, полученных экспериментально.