Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 08.10.2024 09:51:06
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ О.Г. Локтионова
«28» 04 2023 г.

Определение количественных характеристик режима движения жидкости

Методические указания к проведению лабораторных работ студентов очной и заочной форм обучения направления 18.03.01 Химическая технология, направленность Химико-технологическое производство

Курск 2023

УДК 66.01

Составитель Г.В. Бурых

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент С.Д. Пожидаева

Количественные характеристики режима движения жидкости Методические указания к проведению лабораторных работ студентов направления подготовки 18.03.01 Химическая технология, направленность Современные композиционные материалы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Г.В.Бурых. Курск, 2024.- 9 с.

В данных методических указаниях рассмотрены основные вопросы, касающиеся вопросов проведения лабораторного практикума по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии».

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 18.03.01 Химическая технология

Текст печатается в авторской редакции
Подписано в печать . Форма 60x84 1/16.
Усл. печ.л. 0,52 . Уч.-изд.л 0,47 . Тираж экз. Заказ. . Бесплатно
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Цель работы: познакомиться с различными режимами движениями жидкости и определить их количественные характеристики.

Оборудование: установка с трубой Вентури.

Теоретическая часть

При движении жидкости в трубах или каналах могут наблюдаться два различных по своему характеру режима движения - ламинарный и турбулентный. Ламинарный (слоистый) - это такой режим, при котором поток жидкости движется параллельными струйками или слоями, не смешивающимися между собой. Частицы имеют только одну, продольную, составляющую скорости. Линия тока при ламинарном режиме совпадает с траекторией частицы.

При турбулентном (хаотичном, вихревом) режиме движения частицы жидкости перемешиваются, и траектории отдельных частиц представляют сложные линии, пересекающиеся между собой.

Скорость, при которой происходит смена режимов движения, называется критической скоростью. При этом различают две критические скорости: нижнюю - v_{Kp} ,, и верхнюю - $v_{Kp\,в}$.

При нижней критической скорости турбулентное движение переходит в ламинарное, при верхней - ламинарное переходит в турбулентное. Таким образом, определение режима движения жидкости может быть произведено путём сопоставления средней скорости движения потока v со значениями критических скоростей. С изменениями геометрических размеров живого сечения потока и свойств жидкости величины критических скоростей будут изменяться.

Для определения режима движения жидкости в инженерной практике используется критерий режима движения, который называется число Рейнольдса:

$$Re = \frac{Vd\rho}{\mu}$$

где V-скорость потока жидкости, d-диаметр трубы, ρ-плотность жидкости, μ-вязкость жидкости.

Режим движения можно определить путём сравнения числа Рейнольдса Re с его критическим значением Re_{Kp}, соответствующим критической скорости. Существуют два критических числа Рейнольдса: $Re_{Kp.н}$ - нижнее критическое число Рейнольдса и Re_{Kp} „ - верхнее критическое число Рейнольдса. Для равномерных потоков жидкости в трубах (каналах) круглого сечения нижнее критическое число Рейнольдса Re_{Kp}. всегда будет одинаковым и $Re_{Kp.n}$ = 2320. Значение верхнего критического числа Рейнольдса Re_{Kp},, зависит от многих факторов.

Режим движения следует считать ламинарным, если $Re<Re_{KpH}$, и турбулентным при $Re>Re_{Kp}$). При Re_{Kp} $<Re<Re_{KpH}$ имеет место область неустойчивых режимов движения, в которой может быть, как ламинарный, так и турбулентный.

Для изучения расхода жидкости широкое применение получили приборы, представляющие собой дроссельные устройства, которые создают в потоке перепад давления. Если по измеренному перепаду давления из закона сохранения механической энергии потока (уравнения Бернулли):

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + h_w$$

вычислить скорость потока, то расход определится законом сохранения массы:

$$Q_1 = v_1 f_1 = v_2 f_2 \, .$$

Если перепад давления для сечения *I* и *II:*

$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma}\right) = \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g}\xi_M - \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g}$$

в левой части уравнения обозначить через и определить скорость v_1 в первом сечении из уравнения расхода:

$$v_1 = v_2 f_2 / f_1 \, ,$$

то получим:

$$\Delta H = \frac{v_2^2}{2g}\left[\alpha_2 - \alpha_1 \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 + \xi_M\right],$$

откуда:

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{\alpha_2 - \alpha_1\left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 + \xi_M}} \sqrt{2g\Delta H} \, .$$

Так как:

$$v_1 f_1 = v_0 f_0 = v_2 f_2 = Q; Q = \varepsilon f_0 v_2,$$

где $\varepsilon = \frac{f_2}{f_1}$ – коэффициент сжатия потока.

Таким образом, расход определим по формуле:

$$v_2 = \frac{\varepsilon}{\sqrt{\alpha_2 - \alpha_1 \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \varepsilon^2 + \xi_M}} f_0 \sqrt{2g\Delta H}$$

В качестве дроссельных устройств для измерения расхода в трубопроводах применяются диафрагмы, сопла и трубы Вентури.

Наиболее совершенной в отношении гидравлического сопротивления является труба Вентури.

Водомер Вентури (труба Вентури) состоит из цилиндрического патрубка, соединенного с трубопроводом коническими вставками конфузором и диффузором.

Диффузор обычно делается удлиненным, что позволяет избежать резкого расширения потока и потерь на удар, по сравнению с диафрагмой.

Принцип работы трубы Вентури основан на создании искусственного перепада давлений при сужении проходного сечения трубы. Для измерения перепада давления в суженной и входной широкой частях трубы Вентури применяются обычные пьезометры. Для трубы Вентури можно принять $\varepsilon = 1$, $\xi_M \to 0$, . В этом случае:

$$\mu = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 - (f_1/f_2)^2}}$$

Описание установки

Водомер Вентури *2* установлен между фланцами трубопровода, питаемого водой из напорного бака (рис. 1). Для регулирования расхода воды в трубопроводе установлен кран *6*. Измерение перепада давления производится пьезометрами *3, 4, 5*. Действительный расход воды определяется по расходомеру треугольного водослива *7*.

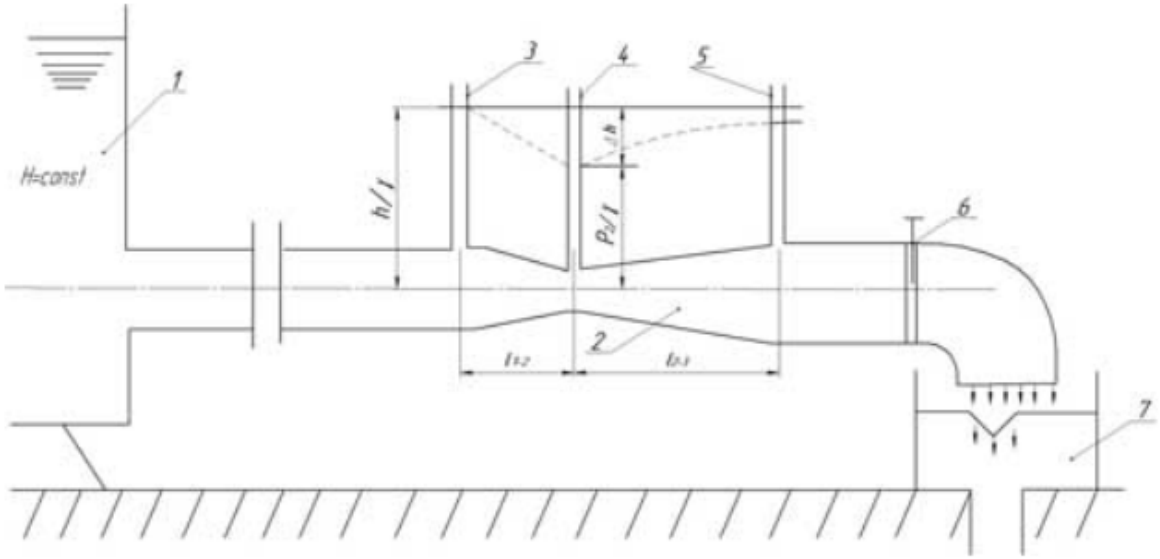

Рисунок 1 – Схема установки

Методика эксперимента

1. Проверить установку и обеспечить постоянство напора при полном открытии крана 6 (рис. 1).

2. При установившемся движении с минимальным расходом снять показания пьезометров.

3. Расход постепенно увеличить и все замеры повторить 8–10 раз.

4. Все измерения, сделанные в процессе опытов занести в соответствующие графы отчета (табл. 1).

Таблицы 1 – Замеренные величины

№ опыта	Показания наклонного пьезометра треугольного водослива	Показания по пьезометрам	
	h_0	h_1	h_2
	м	м	м

Обработка данных

1. Вычислить перепады давления между водосливом и первым сечением.

2. Вычислить перепады давления между первым и вторым сечениями.

3. Определить расход:

$$Q = f_0 \sqrt{\frac{2g\Delta H}{1-(f_0/f_1)^2}}$$

4. Определить скорость потока жидкости:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

5. Рассчитать числа Рейнольдса и соотнести их с полученными расходами:

$$Re = \frac{Vd\rho}{\mu}$$

6. Оформить отчет.

Вопросы для самоподготовки

1. Какие режимы движения жидкости Вы знаете?

2. Скорость при которой меняется режим движения жидкости?

3. Формула критерия Рейнольдса.

4. Какие дроссельные устройства применяют для измерения расхода жидкости?

5. Что такое труба Вентури?

6. Формула расхода жидкости для трубы Вентури.

7. Плотность жидкости измеряется в

а) $м^3/кг$;

б) $Н/м^3$;

в) $кг/м^3$;

г) м/Н.

8. Закон распределения абсолютного гидростатического давления по глубине выражается уравнением:

а) $p = \rho gh$;

б) $p = p_o + \rho gh$;

в) $P = \rho gh + a + p_o$;

г) $p = h + \rho ga$.

9. Удельная потенциальная энергия при равномерном движении потока вязкой жидкости

а) остается постоянной;

б) убывает;

в) увеличивается;

г) вначале убывает, а затем увеличивается.

10. Закон распределения абсолютного гидростатического давления по глубине выражается уравнением:

а) $p = \rho g h$;

б) $p = p_o + \rho g h$;

в) $P = \rho g h + a + p_o$;

г) $p = h + \rho g a$.

11. Удельная потенциальная энергия при равномерном движении потока вязкой жидкости

а) остается постоянной;

б) убывает;

в) увеличивается;

г) вначале убывает, а затем увеличивается.

12. Кинематический коэффициент вязкости v несжимаемой жидкости с увеличением температуры

а) увеличивается;

б) уменьшается;

в) остается неизменным;

г) становится равной нулю.

13. Свойство гидростатического давления:

а) направлено по внешней нормали к площадке действия;

б) направлено под углом 30° к площадке действия;

в) направлено параллельно площадке действия;

г) направлено по внутренней нормали к площадке действия;

д) направлено под углом 45° к площадке действия.

14. Возникновению местных гидравлических сопротивлений способствует:

а) длина трубопровода;

б) материал трубопровода;

в) изменение конфигурации трубы;

г) толщина стенки трубы.

15. Объемный расход жидкости в системе СИ измеряется в:

а) $м^2$/час;

б) $м/с^2$;

в) $м^3/с$;
г) л/мин.
16. Полный напор потока вязкой жидкости определяется по уравнению

а) $H = \alpha\upsilon^2 + p + \rho g$;

б) $H = Z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha\upsilon^2}{2g}$;

в) $H = \frac{Z}{\rho g} + p + \frac{\alpha\upsilon^2}{2g}$;

г) $H = Z + \frac{\alpha p}{2g} + \frac{\upsilon^2}{\rho g}$.