

КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ
ЖИДКОСТИ

*Методические указания к выполнению
Лабораторных и практических работ*

КРАСНОЯРСК 2012

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Красноярский государственный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ
ЖИДКОСТИ

*Методические указания к выполнению
Лабораторных и практических работ*

КРАСНОЯРСК 2012

Рецензент:

В.Н. Холопов, д-р техн. наук, проф. кафедры АТЛМ СибГТУ

Составители:

Ченцова Л.И.

Тепляшин В.Н.

Невзоров В.Н.

Ченцова, Л.И.

Определение режимов течения жидкости: метод. указания к выполнению лабораторных и практических работ / Л.И. Ченцова, В.Н. Тепляшин, В.Н. Невзоров; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск 2012. - с.

Предназначено для студентов по направлению: 260100.62 «Продукты питания из растительного сырья», профили: «Технология хранения и переработки зерна», «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий», «Технология бродильных производств и виноделия», «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов», «Технология консервов и пищевых концентратов»; 151000.62 «Технологические машины и оборудование», профиль «Пищевая инженерия малых предприятий», «Машины и аппараты пищевых производств». По специальности «Процессы и аппараты пищевых производств».

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

Красноярский государственный
аграрный университет, 2012

Основные положения

При расчетах технологических процессов, связанных с течением газов и жидкостей, решающее значение имеет характер движения потока.

Известно, что существуют два режима движения потока: ламинарный (струйчатый) и турбулентный (вихревой).

Если представить поток разделенным на ряд элементарных струек, то в ламинарном потоке они движутся параллельно друг другу и параллельно оси канала, а в турбулентном – по запутанным, хаотическим траекториям.

Характер движения жидкости определяется по численной величине безразмерного комплекса Re , называемого критерием Рейнольдса.

$$Re = \frac{\omega \cdot d_s \cdot \rho}{\mu} = \frac{\omega \cdot d_s}{\nu}; \quad (1)$$

где ω - средняя скорость потока, м/с; d_s - эквивалентный диаметр трубопровода, м; ρ - плотность среды, кг/м³; μ - динамический коэффициент вязкости, Па с; ν - кинематический коэффициент вязкости, м²/с.

При движении жидкости по трубам в качестве расчетного линейного размера принимают внутренний диаметр трубопровода d , а в случае некруглого сечения – эквивалентный диаметр d_s , выраженный через гидравлический радиус r^2 .

$$d_s = 4 \cdot r^2 = 4 \cdot \frac{F}{\Pi}; \quad (2)$$

где F – площадь фактического (живого сечения) потока жидкости, м²; Π – смоченный периметр, м.

Критерий Рейнольдса является мерой соотношения сил инерции и внутреннего трения в потоке (вязкости).

На основании опытных результатов, для потоков, проходящих по прямым гладким трубам, значения критерия Рейнольдса: для ламинарного режима $Re < 2320$, турбулентного – $Re > 2320$. При этом в области значений $2320 < Re < 10000$ имеет место недостаточно

развитый турбулентный режим, называемый переходным. Число $Re = 2320$ называют критическим.

Для потоков, проходящим по изогнутым трубам (змеевикам), критическое значение числа Рейнольдса обычно выше и растет с увеличением отношения d/D , где d – внутренний диаметр трубы змеевика, D – диаметр витков змеевика.

Цель работы:

- изучение структуры потоков при различных режимах течения жидкости;
- экспериментальное и аналитическое определение значений критерия Рейнольдса.

Описание установки

Установка (рис. 1) состоит из наполненного бака для воды 1, расходного бака 2, буферного бака 3, стеклянной трубы 4, ротаметров 5 и 6, сосуда с краской 7, трубопроводов с вентилями 8 – 11, термометра 13.

Вода из водопроводной сети подается в бак 1, затем по трубе через вентиль 8 поступает в расходный бак 2. Из этого бака вода по стеклянной трубе 4 поступает в буферный бак 3 (излишек воды в баке 2 через воронку 14 и переливную трубу 15 уходит в канализацию). Из бака 3 вода через регулировочные вентили 10 и 11 и ротаметры для измерения расхода воды 5 или 6, соответственно, сливается в канализацию. Из сосуда с краской 7 по трубе (с капилляром на конце) через кран 12 подкрашенная вода струйкой подается по осевой линии в стеклянную трубу.

Для предупреждения переполнения баков 1 и 3 установлены переливные трубы 16 и 17 соответственно. Для опорожнения бака 2 используют трубопровод с вентилем 9. О наполнении баков 1, 2 и 3 судят по уровню воды в водомерных трубках 18. Температуру воды определяют по термометру 13, установленному на баке 2.

Для успешного проведения опытов весьма важными условиями являются стабилизация потока в стеклянной трубе 4 и согласование скоростей истечения краски со скоростью самого потока. В этих целях:

- устранено влияние колебаний напора и пульсаций потока, имеющих место в водопроводной сети путем подачи воды в стеклянную трубу 4 из расходного бака 2;

- обеспечено постоянство напора воды, подаваемой в стеклянную трубу 4, путем поддержания неизменного уровня ее в расходном баке 2;

- предусмотрен необходимый напор при истечении краски установкой сосуда 7 на определенной высоте.

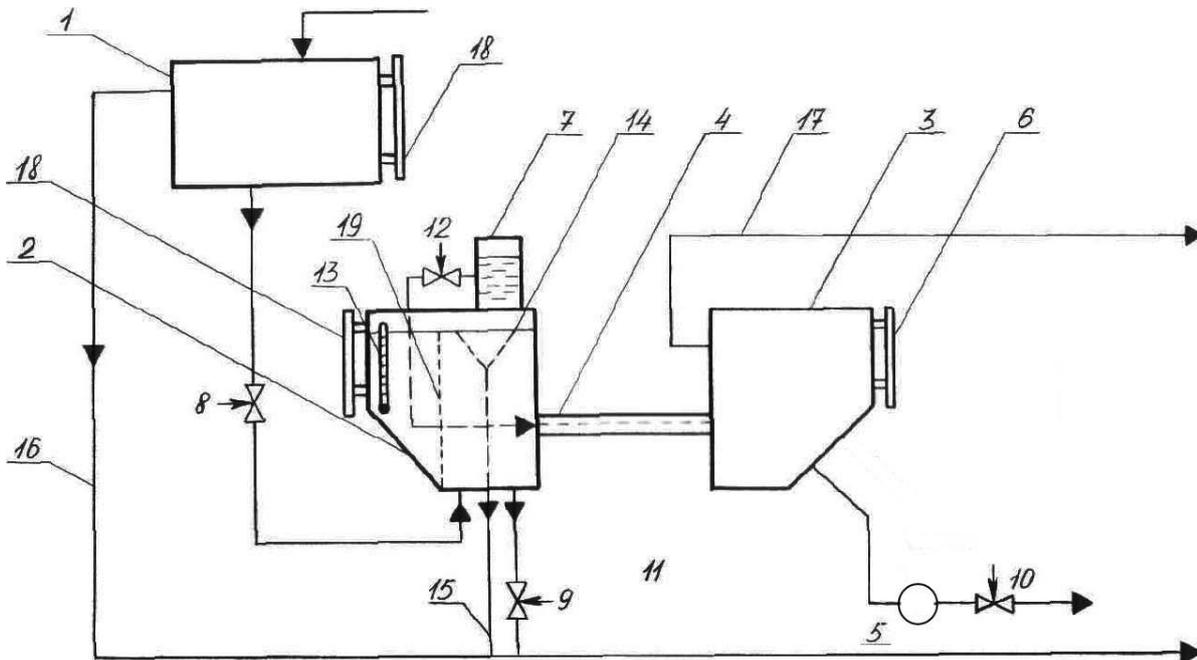


Рисунок 1 — Схема установки для исследования режимов течения жидкости: 1 - напорный бак; 2 - расходный бак; 3 - буферный бак; 4 - стеклянная трубка; 5 - ротаметр РС-5; 6 - ротаметр РС-7; 7 - сосуд с краской; 8, 9, 10, 11 - вентили; 12 - регулировочный кран; 13 - термометр; 14 - переливная воронка; 15, 16, 17 - переливные трубы; 18 - водомерные трубки; 19-сетка.

Порядок проведения работы

1. Включается подсветка экрана стеклянной трубы 4.
2. Для заполнения баков 1, 2 и 3 водой открывается вентиль 8 и по водомерным трубам 18 устанавливается в них постоянный уровень, который поддерживается в процессе работы.
3. При достижении постоянного уровня воды в баках 2 и 3 прикрывается вентиль 8, оставляя ее незначительную подачу, и вентилем 10 устанавливается по ротаметру 5 минимальный расход.

4. Поворотом крана 12 настраивается подача краски в трубу 4. Добиваются четкого очертания подкрашенной струйки с помощью крана 12 и вентилях 8 и 10. Снимаются показания, необходимые для определения критерия Рейнольдса (температуру воды по термометру 13 и ее расход по шкале ротаметра). Объемный расход воды определяется по градуировочному графику (приложение А2, [4]). Показания заносятся в таблицу 1.

5. Увеличивается скорость движения воды в стеклянной трубе 4 до перехода подкрашенной струи из прямой линии в волнообразную. Убедившись в стационарном характере движения, вновь измеряются температура и расход воды.

6. Устанавливается больший расход воды открытием вентилях 10 и 11, проводятся аналогичные измерения. Показания заносятся в таблицу 1.

7. По окончании работы прекращается подача краски, промывается установка, закрываются вентили 8, 10, 11 и выключается свет.

Обработка экспериментальных результатов

1. Определяется средняя скорость движения воды в стеклянной трубе ω , м/с,

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot d^2}; \quad (3)$$

где V – объемный расход воды, м³/с; d – внутренний диаметр стеклянной трубы, $d = 0,022$ м.

2. Определяется критерий Рейнольдса по формуле (1).

Плотность ρ и динамический коэффициент вязкости μ находятся в зависимости от температуры воды (приложение А, [4]).

Результаты расчетов заносятся в таблицу 1. О завершении расчетов необходимо убедиться в совпадении наблюдаемого режима движения потока с определенным аналитически.

Таблица 1

Регистрационные и расчетные данные

№ опыта	Расход воды, м^3	Время опыта	Расход воды V , $\text{м}^3/\text{с}$	Температура воды, t , $^{\circ}\text{C}$	Плотность воды, ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Коэффициент динамической вязкости μ , $\text{Па}\cdot\text{с}$	Скорость движения воды, ω , $\text{м}/\text{с}$	Критерий Рейнольдса, Re	Состояние подкращенной струи	Режим потока
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Контрольные вопросы к работе

1. Какое течение называется ламинарным.
2. Какое течение называется турбулентным.
3. Какие факторы влияют на характер движения потока.
4. Физический смысл критерия Рейнольдса.
5. Понятие о гидравлическом радиусе и эквивалентном диаметре.
6. Какая скорость потока входит в критерий Рейнольдса.
7. Назовите критическое значение числа Рейнольдса.
8. Основные физические свойства жидкости и газа.
9. Как рассчитывают физические свойства газов при различных термодинамических условиях.
10. Как рассчитывают основные физические свойства жидких и газовых смесей.
11. Какие потоки называют установившимися и неустановившимися.

Библиографический список

Основная литература

1. Кавецки Г.Д., Васильев В.В. «Процессы и аппараты пищевой технологии». М.: Колос, 2010. – с. 551.
2. Ларин В.А., Малахов Н.Н., Плаксинов Ю.В. «Процессы и аппараты пищевых производств». М.: Колос, 2008. – с. 350.
3. Ченцова Л.И. «Процессы и аппараты пищевых производств», учеб. пособие \Л.И. Ченцова, М.Н. Шайхудинова, Т.В. Борисова, КрасГАУ, - Красноярск, 2004. – с. 112.
4. Ченцова Л.И. «Процессы и аппараты пищевых производств. Массообменные процессы», учеб. пособие \Л.И. Ченцова, М.Н. Шайхудинова. – КрасГАУ, - Красноярск, 2009. – с. 163.

Дополнительная литература

1. Борисова Г.В. Основные свойства пищевого сырья, полуфабрикатов и продуктов. Справочное пособие. – КрасГАУ, - Красноярск, 2008. – с. 980.
2. Левин Б.Д., Ченцова Л.И., Шайхутдинова М.Н., Ушанова В.М. Процессы и аппараты химических и биологических технологий. Учеб. пособие для студентов химических специальностей вузов / под общ. ред. д – ра. хим. Наук С.М. Репяха. – Красноярск: Сибирский государственный университет, 2002. – с. 430.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2 – е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991. – с. 496.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов под ред. чл. – корр. АН России П.Г. Романкова. – 12- -е изд., стереотипное. Перепечатка с издания 1987 г. М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – с. 576.

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ
ЖИДКОСТИ**

*Методические указания к выполнению
Лабораторных и практических работ*

Составители: Л.И. Ченцова, В.Н. Тепляшин, В.Н. Невзоров

Редактор