ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ В ДИССИПАТИВНОЙ СРЕДЕ

*Цель работы:* определение вязкости диссипативной среды (жидкости) по установившейся скорости движения шарика в ней, а также исследование процессов рассеяния энергии в диссипативной среде.

*Приборы и принадлежности:* цилиндрический сосуд с жидкостью, металлические шарики, аналитические весы, масштабная линейка, секундомер.

ОСНОВНЫЕ РАСЧЁТНЫЕ ФОРМУЛЫ

1. Расчётная формула для определения вязкости среды

(1)

где *ρ*т – плотность шарика

*ρ*ж – плотность жидкости

*m* – масса шарика

2. Расчётная формула для определения коэффициента сопротивления

, (2)

где *m* – масса шарика

*g* – ускорение свободного падения

*t* – время прохождения шариком расстояния между двумя метками

*ρ*ж – плотность жидкости

*ρ*т – плотность шарика

*l* – расстояние между метками.

3. Расчётная формула для определения мощности рассеяния

(3)

где – установившаяся скорость

*r* – коэффициент сопротивления

4. Уравнение баланса энергии на участке установившегося движения

(4)

# ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В работе используется цилиндрический сосуд (рис. 1), на боковой поверхности которого нанесены метки. Измеряя расстояние между метками и время движения шарика в жидкости между ними, можно определить скорость его падения. Шарик опускается в жидкость через впускной патрубок, расположенный в крышке цилиндра.

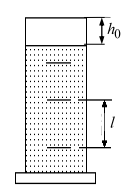


Рис. 1

ПРОТОКОЛ НАБЛЮДЕНИЙ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ В ДИССИПАТИВНОЙ СРЕДЕ

Измерение масс шариков и времен прохождения каждым шариком

расстояния между двумя метками

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | *θ* |
| *m*, мг | 92 | 84 | 82 | 94 | 144 | 0,1 |
| *t*, c | 5,88 | 6,34 | 6,31 | 5,9 | 4,59 | 0,01 |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *ρ*ж, г/см3 | *ρ*т, г/см3 | *l*, cм | *h*0, cм | *t*, °C |
| 1,25 | 11,34 | 15,0 | 3,7 | 21,0 |

Выполнил Максимов Юлий Евгеньевич

Факультет КТИ

Группа № 1335

“\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Преподаватель: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Рассчитаем значение коэффициента *A* в формуле вязкости (1):

2. По данным табл.1 и 2 рассчитаем значения установившейся скорости для каждого из опытов и вязкости жидкости по формуле (1). Результаты расчета внесём в табл.3.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *m*, мг | 92 | 84 | 82 | 94 | 144 |
| *t*, c | 5,88 | 6,34 | 6,31 | 5,9 | 4,59 |
|  | 2,60 | 2,41 | 3.97 | 2,59 | 2,25 |
| *η*, Па·с | 0,8451 | 0,8624 | 0.8996 | 0.8711 | 0.8745 |

Пример расчета установившейся скорости и вязкости жидкости для опыта №1.

Обработаем данные косвенных измерений вязкости жидкости выборочным методом.

1) Упорядочим выборку в порядке возрастания ее элементов:

2) Проведем проверку выборки на наличие грубых погрешностей и ее связность по размаху выборки:

Размах выборки

.

Видим, что , т.е. грубых погрешностей нет.3) Вычислим выборочное среднее:

4) Вычислим выборочное среднеквадратичное отклонение (СКО) среднего:

5) Определим случайную погрешность:

,

6) Определим оценочное значение случайной погрешности по размаху выборки:

,

Видно, что .

7) Определим приборную погрешность методом логарифмирования функции *.*

8) Рассчитаем полную погрешность результата измерения:

9) Вычислим относительную погрешность:

10) Результат измерения вязкости:

3. Для одного из опытов (опыт № 1) рассчитаем коэффициент сопротивления *r* и мощность рассеяния *Pd* по формулам (2) и (3) соответственно, а также проверим баланс энергии на участке установившегося движения по формуле (4).

1)

2)

3)

Видим, что в правой и левой частях равенства

стоят величины, значения которых совпадают. Следовательно, баланс энергии на участке установившегося движения подтверждается.

4. Рассчитаем число Рейнольдса для одного из опытов (опыт № 1)

Радиус шарика найдем из формулы

Так как Re<2300, движение слоев жидкости друг относительно друга при падении шарика в ней ламинарное.

5. Для одного из опытов (опыт № 1) рассчитаем начальные скорость *v*0, ускорение *a*0 и время релаксации *τ*.

,

,

,

,

,

.

Построим графики зависимостей от времени скорости *v* = *v* (*t*) и ускорения *a* = *a* (*t*).

(5)

(6)

Для построения графиков вычислим значения скорости и ускорения для различных моментов времени по формулам (5) и (6). Результаты расчётов внесём в табл. 4.

Таблица 4

Данные для построения графиков зависимостей

от времени скорости *v* = *v* (*t*) и ускорения и *a* = *a* (*t*)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *N* | *t*, с | *t/τ* | *v*, см/с | *a*, м/с2 |
| 1 | 0,0000 | 0,0000 | 71,39 | -86,15 |
| 2 | 0,0015 | 0,1961 | 58,78 | -71,12 |
| 3 | 0,0030 | 0,3912 | 50,54 | -58,14 |
| 4 | 0,0045 | 0,5842 | 41,86 | -48,65 |
| 5 | 0,0060 | 0,7986 | 36,12 | -39,12 |
| 6 | 0,0075 | 0,9941 | 30,46 | -31,41 |
| 7 | 0,0090 | 1,1802 | 25,12 | -27,50 |
| 8 | 0,0105 | 1,3871 | 22,85 | -22,38 |
| 9 | 0,0120 | 1,4273 | 19,85 | -17,21 |
| 10 | 0,0135 | 1,7751 | 17,17 | -14,45 |
| 11 | 0,0150 | 1,8824 | 15,54 | -11,12 |
| 12 | 0,0165 | 2,1825 | 13,61 | -9,72 |
| 13 | 0,0180 | 2,3810 | 12,27 | -7,97 |
| 14 | 0,0195 | 2,5394 | 11,21 | -6,51 |
| 15 | 0,0210 | 2,7668 | 10,29 | -5,39 |
| 16 | 0,0225 | 2,9572 | 9,67 | -4,31 |
| 17 | 0,0240 | 3,1712 | 8,87 | -3,59 |
| 18 | 0,0255 | 3,3743 | 8,58 | -2,91 |
| 19 | 0,0270 | 3,5714 | 8,08 | -2,42 |
| 20 | 0,0285 | 3,7611 | 7,75 | -1,99 |
| 21 | 0,0300 | 3,9683 | 7,48 | -1,63 |
| 22 | 0,0315 | 4,1655 | 7,25 | -1,37 |
| 23 | 0,0330 | 4,3612 | 7,15 | -1,14 |
| 24 | 0,0345 | 4,5678 | 6,91 | -0,90 |
| 25 | 0,0360 | 4,7654 | 6,84 | -0,77 |
| 26 | 0,0375 | 4,9653 | 6,71 | -0,62 |
| 27 | 0,0390 | 5,1612 | 6,59 | -0,50 |

График зависимости скорости шарика от времени *v* = *v* (*t*)

График зависимости ускорения шарика от времени *a* = *a* (*t*)

6. Вычислим количество теплоты, выделяющееся за счет трения шарика о жидкость при его прохождении между двумя метками (опыт №1).

7. Табличные значения вязкости глицерина:

*η*табл = 0,33 Па·с (при *t* = 40°С)

*η*табл = 0,60 Па·с (при *t* = 30°С)

Измеренное значение вязкости должно соответствовать температуре из диапазона (30°С; 40°С). Однако температура глицерина при проведении наблюдений была *t* = 22°С. Возможно, что в исследуемой жидкости присутствовали примеси, наличие которых привело к уменьшению вязкости (при *t* = 22°С вязкость глицерина должна превышать значение *η*табл = 0,60 Па·с). Кроме того, причинами этого могут быть погрешности измерений.

ВЫВОДЫ

1. В ходе выполнения лабораторной работы определена вязкость диссипативной среды (глицерина) по установившейся скорости движения шарика в ней. Получено следующее значение вязкости: .

2. Исследованы процессы рассеяния энергии в диссипативной среде, рассчитан коэффициент сопротивления *r* и мощность рассеяния *Pd*:

3. Проверен баланс энергии на участке установившегося движения.

4. Рассчитано число Рейнольдса (Re ≈ 0,4) и сделан вывод о том, что движение слоев жидкости друг относительно друга при падении шарика в ней ламинарное.

5. Рассчитаны начальные скорость *v*0, ускорение *a*0 и время релаксации *τ*. Построены графики зависимостей скорости и ускорения шарика от времени.

6. Вычислено количество теплоты, выделяющееся за счет трения шарика о жидкость при его прохождении между двумя метками: