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.

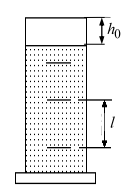


Рис.

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 | 84 | 64 | 60 | 90 | 140 | 0,5 |
| *t*, c | 3,03 | 4,10 | 3,97 | 3,07 | 2,25 | 0,005 |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *ρ*ж, г/см3 | *ρ*т, г/см3 | *l*, cм | *h*0, cм | *t*, °C |
| 1,25 | 11,34 | 15,3 | 4,8 | 25,2 |

Выполнил Шишкин Фёдор Сергеевич

Факультет КТИ

Группа № 0336

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

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 | 84 | 89 | 59 | 84 | 78 |
| *t*, c | 3.03 | 4.10 | 3.97 | 3.07 | 2.25 |
|  | 5.04 | 3.73 | 3.85 | 4.98 | 6.8 |
| *η*, Па·с | 0,6377 | 0,7188 | 0.6671 | 0.6758 | 0.6644 |

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 | 0,1984 | 59,67 | -70,65 |
| 3 | 0,0030 | 0,3968 | 50,05 | -57,93 |
| 4 | 0,0045 | 0,5952 | 42,17 | -47,51 |
| 5 | 0,0060 | 0,7937 | 35,71 | -38,96 |
| 6 | 0,0075 | 0,9921 | 30,40 | -31,95 |
| 7 | 0,0090 | 1,1905 | 26,06 | -26,20 |
| 8 | 0,0105 | 1,3889 | 22,49 | -21,48 |
| 9 | 0,0120 | 1,5873 | 19,57 | -17,62 |
| 10 | 0,0135 | 1,7857 | 17,17 | -14,45 |
| 11 | 0,0150 | 1,9841 | 15,21 | -11,85 |
| 12 | 0,0165 | 2,1825 | 13,59 | -9,71 |
| 13 | 0,0180 | 2,3810 | 12,27 | -7,97 |
| 14 | 0,0195 | 2,5794 | 11,19 | -6,53 |
| 15 | 0,0210 | 2,7778 | 10,30 | -5,36 |
| 16 | 0,0225 | 2,9762 | 9,57 | -4,39 |
| 17 | 0,0240 | 3,1746 | 8,97 | -3,60 |
| 18 | 0,0255 | 3,3730 | 8,48 | -2,95 |
| 19 | 0,0270 | 3,5714 | 8,08 | -2,42 |
| 20 | 0,0285 | 3,7698 | 7,75 | -1,99 |
| 21 | 0,0300 | 3,9683 | 7,48 | -1,63 |
| 22 | 0,0315 | 4,1667 | 7,26 | -1,34 |
| 23 | 0,0330 | 4,3651 | 7,08 | -1,10 |
| 24 | 0,0345 | 4,5635 | 6,93 | -0,90 |
| 25 | 0,0360 | 4,7619 | 6,81 | -0,74 |
| 26 | 0,0375 | 4,9603 | 6,71 | -0,60 |
| 27 | 0,0390 | 5,1587 | 6,62 | -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: 