
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.10
"Измерение теплоты парообразования воды"

Группа: Z3144

Студент: Турчанин Евгений

1 Цели работы

1. Измерение теплоты парообразования воды.

2 Задачи, решаемые при выполнении работы

1. Прямое измерение массы испаряющейся жидкости при передаче ей тепла.
2. Определение полезной мощности счетчика электроэнергии.
3. Построение графика зависимости работы измерительного модуля от массы испарившейся воды.
4. Определение удельной теплоты парообразования воды.

3 Рабочие формулы и исходные данные

Рабочие формулы

1. Количество теплоты, необходимое для превращения жидкости в пар:

$$Q = Lm \quad (1)$$

где L - удельная теплота парообразования (Дж/кг), m - масса испарившейся воды (кг).

2. Мощность тепловых потерь в окружающую среду (мощность охлаждения):

$$N_{\text{окр}} = \frac{cM\Delta t}{\tau} \quad (2)$$

где c - удельная теплоемкость воды, M - масса воды в сосуде (кг), Δt - изменение температуры измерительного модуля за время τ при охлаждении ($^{\circ}\text{C}$), τ - время охлаждения (с).

3. Полная электрическая мощность, выделяемая ТЭНом:

$$N_{\text{полн}} = \frac{U^2}{R} \quad (3)$$

где U - напряжение сети (В), R - сопротивление ТЭНа при температуре кипения (Ом).

4. Полезная мощность, идущая на парообразование:

$$P = N_{\text{полн}} - N_{\text{окр}} \quad (4)$$

5. Работа, совершенная за счет полезной мощности за время t :

$$A = P \cdot t \quad (5)$$

где t - время кипения (с). Теоретически, эта работа равна количеству теплоты, пошедшему на испарение: $A \approx Q$. Следовательно, $P \cdot t \approx L \cdot m$. Отсюда удельная теплота парообразования может быть найдена как:

$$L = \frac{A}{m} = \frac{P \cdot t}{m} \quad (6)$$

или как тангенс угла наклона графика зависимости $A(m)$:

$$L = \frac{\Delta A}{\Delta m} \quad (7)$$

Исходные данные

1. Измерительный модуль охлаждается на $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ за время $\tau = 2$ минуты = 120.
2. Масса воды в сосуде с ТЭНом $M \approx 1$ литр ≈ 1 (примем 1 для расчета $N_{\text{окр}}$).
3. Удельная теплоемкость воды $c = 4200 / (\cdot^\circ\text{C})$.
4. При температуре кипения ($\approx 100^\circ\text{C}$): сопротивление $R = 82$, напряжение $U = 232$.
5. Табличное значение удельной теплоты парообразования воды при 100°C : $L_{\text{табл}} = 2,26 \times 10^6 / = 2,26 /$.

4 Экспериментальная установка

Внешний вид установки представлен на Рис.

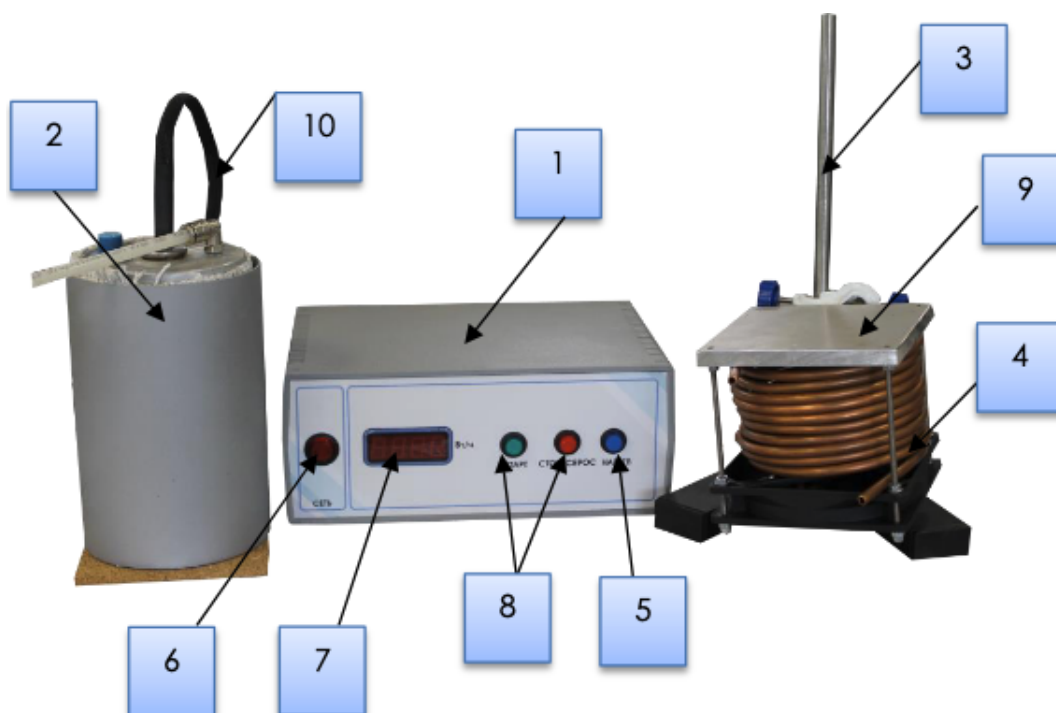


Рис. 1: Внешний вид установки: 1 - измерительный модуль (счетчик электроэнергии); 2 - сосуд с ТЭНом; 3 - стойка с основанием; 4 - охлаждающий элемент; 5 - кнопка «нагрев»; 6 - кнопка включения стенда «Сеть»; 7 - панель индикации; 8 - кнопки управления счетчика «Старт/Стоп» и «Сброс»; 9 - конденсатор пара; 10 - мерная трубка.

5 Измерительные приборы

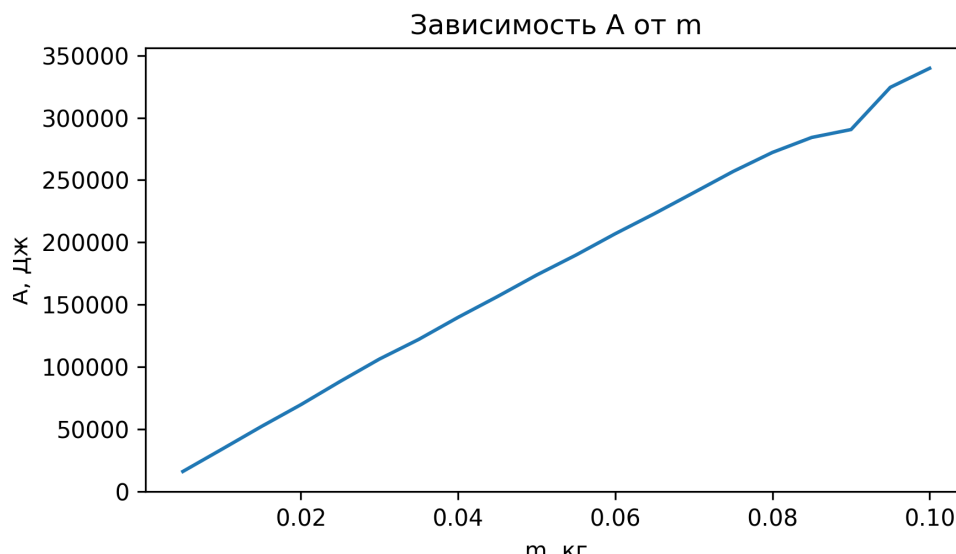
Таблица 1: Основные измерительные средства

№	Наименование средства измерения	Предел измерений	Погрешность
1	Панель индикации на счетчике электроэнергии	-	0,05 ·
2	Мерный стакан (для оценки объема)	до 100	2,5
3	Весы (для измерения массы испарившейся воды)	-	5 (предполагается)
4	Секундомер (встроенный или внешний)	-	0,01 (предполагается)

6 Результаты измерений и их обработка

Из стенда: $P = 200$ Вт (приборная мощность). Тогда работа $A = Pt = 200 \cdot 1072 \approx 214458$ Так как почти вся работа идет на испарение, то $A \approx Lm$. Откуда $L = A/m \approx 2144580 = 2.14 \cdot 10^6$

7 Графики



На Рис. представлен график зависимости совершенной работы A от массы испарившейся воды m .

График показывает практически линейную зависимость работы A от массы m , что соответствует теоретическому ожиданию $A = Lm$.

8 Окончательные результаты

1. Экспериментальное значение удельной теплоты парообразования воды, найденное по наклону графика $A(m)$ (метод $\Delta A/\Delta m$): $L_{\text{эксп}} \approx 2,14 \times 10^6 \text{ Дж/кг} = 2,14 \text{ МДж/кг}$.
2. Табличное значение удельной теплоты парообразования воды: $L_{\text{табл}} = 2,26 \text{ МДж/кг}$.
3. Относительное расхождение с табличным значением:

$$\delta L = \left| \frac{L_{\text{табл}} - L_{\text{эксп}}}{L_{\text{табл}}} \right| \times 100\% = \left| \frac{2,26 \text{ МДж/кг} - 2,14 \text{ МДж/кг}}{2,26 \text{ МДж/кг}} \right| \times 100\% \approx 5,2\%$$

9 Вывод и анализ результатов

В ходе лабораторной работы были проведены измерения массы испарившейся воды и времени кипения для определения удельной теплоты парообразования воды.

На основе экспериментальных данных построена зависимость работы A , затраченной на испарение, от массы испарившейся воды m . График демонстрирует линейную зависимость, что подтверждает теоретическую формулу $A = Lm$.

Экспериментальное значение удельной теплоты парообразования, определенное как $L_{\text{эксп}} = \Delta A/\Delta m$, составило $L_{\text{эксп}} \approx 2,12 \text{ МДж/кг}$.

Сравнение полученного значения с табличным ($L_{\text{табл}} = 2,26 \text{ МДж/кг}$) показывает, что теория сходится с практикой.

Погрешность может быть вызвана рядом факторов:

- Неточность в определении мощности тепловпотерь $N_{\text{окр}}$ (зависит от точности измерения $M, \Delta t, \tau$ и постоянства условий охлаждения).
- Погрешности измерения массы m и времени t .