

Лабораторная работа №1. Определение теплоты растворения неизвестной соли.

Лим Владимир, Розраенко Кирилл, группа Б04-202

Цель работы: определить суммарную теплоемкость системы (постоянную калориметрическую системы); определить интегральную теплоту растворения неизвестной соли.

Оборудование и реактивы: калориметр, пластиковый стакан на 250 мл, мерный цилиндр, мешалка, термометр, стакан с точно взвешенной навеской известной соли (KCl), стакан с точно взвешенной навеской неизвестной соли, дистиллированная вода.

Теоретическая справка

Интегральная теплота растворения – тепловой эффект, сопровождающий растворение 1 грамма (удельная) или 1 моля (молярная) твердого вещества в воде.

Для нахождения интегральной теплоты растворения воспользуемся методом калориметрии: будем фиксировать изменение температуры $m_v = 200$ г воды в калориметре при растворении в ней известной соли (KCl) с интегральной теплотой растворения ΔH_m в разных количествах, таким образом определим суммарную теплоемкость калориметрической системы K :

$$K = \frac{Q}{\Delta T} - c_v m_v$$

$$Q = - \frac{\Delta H_m m(KCl)}{\mu(KCl)}$$

Далее, растворяя уже неизвестную соль (индекс x), определяем теплоту, выделившуюся при ее растворении:

$$Q_x = (K + c_v m_v) \Delta T_x$$

Окончательно выражаем интегральную теплоту растворения следующим образом:

$$\Delta H_m = - \frac{Q_x \mu_x}{m_x}$$

Выполнение эксперимента

Для начала провели первый опыт с хлоридом калия.

На аналитических весах взвесили в стаканчике 2 г KCl .

Затем мерным цилиндром отмерили 200 мл дистиллированной воды, вылили в пластиковый стакан 1, который установили в калориметре 2. Далее опустили в стакан с водой мешалку 7 и закрыли крышкой 4 (см. рис. 1).

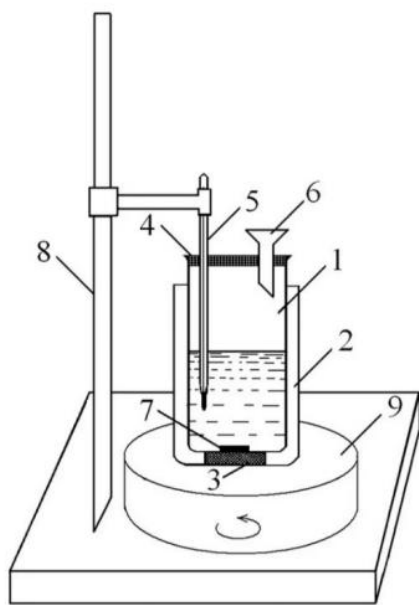


рис. 1

По окончании подготовительных операций начали эксперимент по определению изменения температуры. Для этого с помощью мешалки непрерывно и равномерно перемешивали воду в стакане и через каждую минуту записывали показания термометра 5 в течение 7 минут. За это время устанавливался равномерный ход температуры.

По истечении 7–8 минут равномерного изменения температуры высыпали соль в воду, продолжая перемешивать раствор. Во время главного периода также продолжали регистрацию и запись температуры, но изменение температуры происходило более интенсивно, поэтому и интервалы соседних измерений по времени были меньше.

Конец главного периода и начало заключительного периода находили по вновь установившемуся равномерному ходу температуры. Во время заключительного периода продолжали регистрировать и записывать температуру также через каждую минуту в течение 7 минут.

Эксперимент повторили еще четыре раза с 4, 6, 8 и 10 г соли KCl (см. табл. 1-5, граф. 1-5 в приложении, расположены в порядке возрастания массы KCl).

Далее, проделали аналогичные действия, только уже с использованием 4 г неизвестной соли (см. табл. 6, граф. 6 в приложении).

Результаты эксперимента

Результаты измерений для массы хлорида калия $m(KCl)_1 = 2,002$ г:

$$m_1 = \frac{m(KCl)_1}{\mu(KCl)m(H_2O)} = 0,134 \frac{\text{моль}}{\text{кг}} \Rightarrow \Delta H_{m1} = 17,56 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta T_1 = -0,52^\circ\text{C}$$

$$K = -\frac{\Delta H_{m1}m(KCl)_1}{\mu(KCl)\Delta T_1} - c_B m_B = 67,50 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Результаты измерений для массы хлорида калия $m(KCl)_2 = 4,000$ г:

$$m_2 = \frac{m(KCl)_2}{\mu(KCl)m(H_2O)} = 0,268 \frac{\text{моль}}{\text{кг}} \Rightarrow \Delta H_{m2} = 17,56 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta T_2 = -1,06^\circ\text{C}$$

$$K = -\frac{\Delta H_{m2}m(KCl)_2}{\mu(KCl)\Delta T_2} - c_B m_B = 49,45 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Результаты измерений для массы хлорида калия $m(KCl)_3 = 6,001$ г:

$$m_3 = \frac{m(KCl)_3}{\mu(KCl)m(H_2O)} = 0,403 \frac{\text{моль}}{\text{кг}} \Rightarrow \Delta H_{m3} = 17,50 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta T_3 = -1,57^\circ\text{C}$$

$$K = -\frac{\Delta H_{m3}m(KCl)_3}{\mu(KCl)\Delta T_3} - c_B m_B = 57,85 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Результаты измерений для массы хлорида калия $m(KCl)_4 = 8,003$ г:

$$m_4 = \frac{m(KCl)_4}{\mu(KCl)m(H_2O)} = 0,537 \frac{\text{моль}}{\text{кг}} \Rightarrow \Delta H_{m4} = 17,44 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta T_4 = -2,07^\circ\text{C}$$

$$K = -\frac{\Delta H_{m4} m(KCl)_4}{\mu(KCl) \Delta T_4} - c_B m_B = 65,05 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Результаты измерений для массы хлорида калия $m(KCl)_5 = 10,002$ г:

$$m_5 = \frac{m(KCl)_5}{\mu(KCl) m(H_2O)} = 0,671 \frac{\text{моль}}{\text{кг}} \Rightarrow \Delta H_{m5} = 17,36 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta T_5 = -2,60^\circ\text{C}$$

$$K = -\frac{\Delta H_{m5} m(KCl)_5}{\mu(KCl) \Delta T_5} - c_B m_B = 56,41 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Таким образом:

$$\langle K \rangle = 59,25 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Результаты измерений для массы неизвестной соли $m_x = 4,001$ г:

$$\Delta T_x = -1,28^\circ\text{C}$$

$$q_x = \frac{(K + c_B m_B) \Delta T_x}{m_x} = -287,69 \frac{\text{Дж}}{\text{г}}$$

Из того, что теплота растворения неизвестной соли отрицательна, остается два варианта: NH_4Cl и KNO_3 .

В случае KNO_3 :

$$m = \frac{m_x}{\mu(KNO_3) m(H_2O)} = 0,198 \frac{\text{моль}}{\text{кг}} \Rightarrow \Delta H_m^{\text{таб}} = 34,61 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta H_m = -q_x \mu(KNO_3) = 29,06 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta(KNO_3) = \frac{|\Delta H_m^{\text{таб}} - \Delta H_m|}{\Delta H_m^{\text{таб}}} * 100\% = 16,0\%$$

В случае NH_4Cl :

$$m = \frac{m_x}{\mu(NH_4Cl) m(H_2O)} = 0,374 \frac{\text{моль}}{\text{кг}} \Rightarrow \Delta H_m^{\text{таб}} = 15,26 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta H_m = -q_x \mu(NH_4Cl) = 15,39 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta(NH_4Cl) = \frac{|\Delta H_m^{\text{таб}} - \Delta H_m|}{\Delta H_m^{\text{таб}}} * 100\% = 0,8\%$$

Т.к. в случае NH_4Cl погрешность определения существенно меньше, делаем вывод, что неизвестная соль – хлорид аммония.

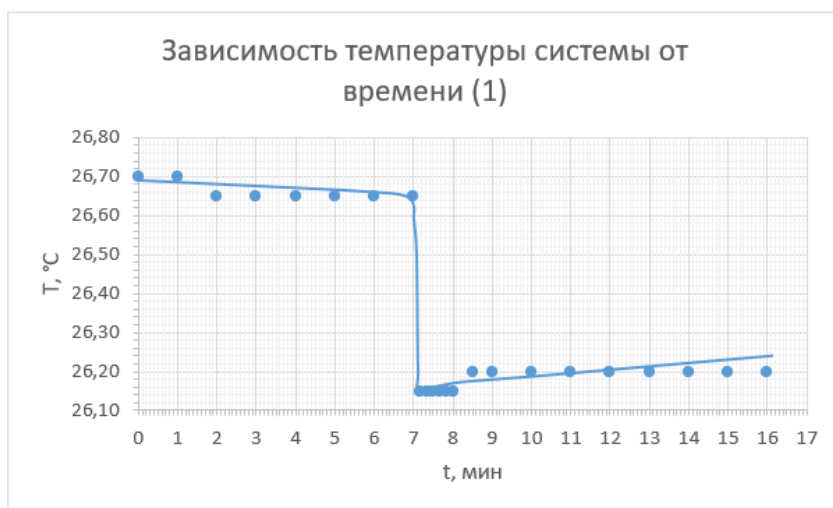
Вывод

В ходе работы мы успешно измерили калориметрическую постоянную и интегральную теплоту растворения неизвестной соли. Соотнеся полученные результаты с табличными данными, смогли определить, что неизвестная соль – хлорид аммония. Данный эксперимент показал, что использование метода калориметрии при многократных повторах эксперимента позволяет оценивать термодинамические характеристики химических веществ с довольно неплохой точностью (в нашем случае $\sim 1\%$).

Приложение (таблицы и графики)

t, мин	T, °C
0,00	26,70
1,00	26,70
2,00	26,65
3,00	26,65
4,00	26,65
5,00	26,65
6,00	26,65
7,00	26,65
7,17	26,15
7,33	26,15
7,50	26,15
7,67	26,15
7,83	26,15
8,00	26,15
8,50	26,20
9,00	26,20
10,00	26,20
11,00	26,20
12,00	26,20
13,00	26,20
14,00	26,20
15,00	26,20
16,00	26,20

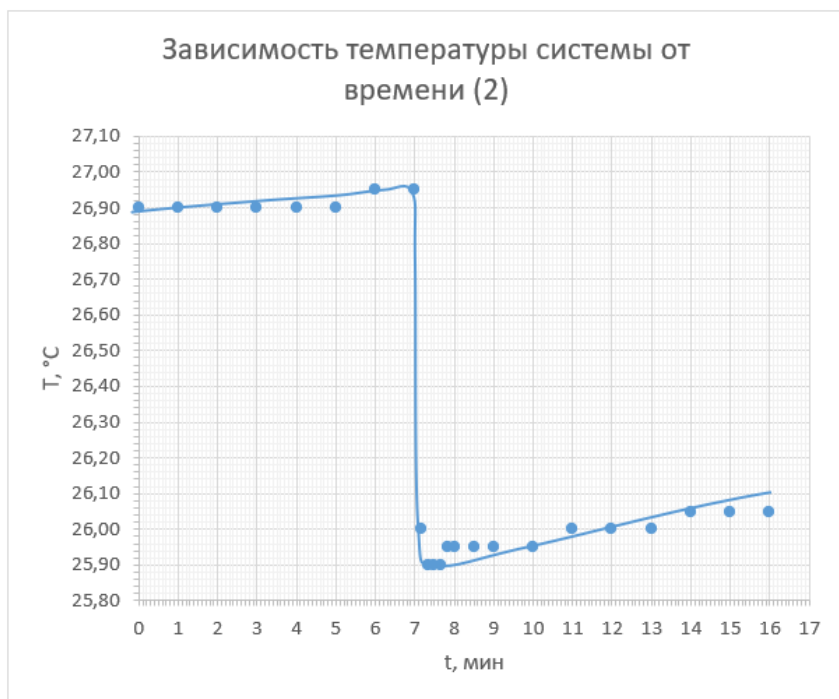
табл. 1



граф. 1

t, мин	T, °C
0,00	26,90
1,00	26,90
2,00	26,90
3,00	26,90
4,00	26,90
5,00	26,90
6,00	26,95
7,00	26,95
7,17	26,00
7,33	25,90
7,50	25,90
7,67	25,90
7,83	25,95
8,00	25,95
8,50	25,95
9,00	25,95
10,00	25,95
11,00	26,00
12,00	26,00
13,00	26,00
14,00	26,05
15,00	26,05
16,00	26,05

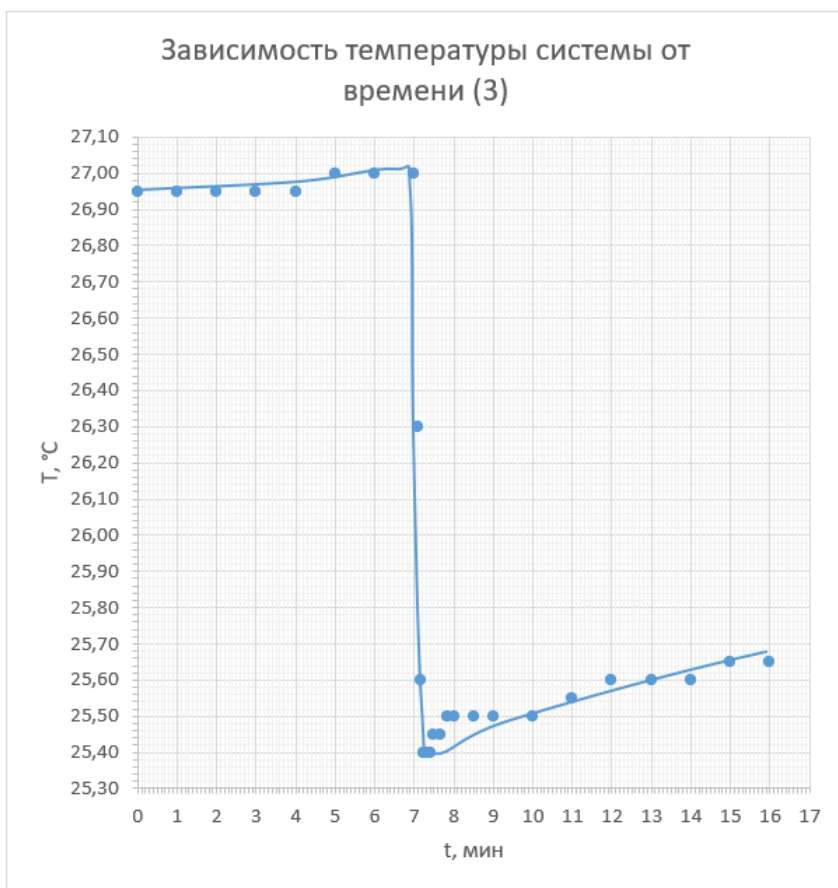
табл. 2



граф. 2

t, мин	T, °C
0,00	26,95
1,00	26,95
2,00	26,95
3,00	26,95
4,00	26,95
5,00	27,00
6,00	27,00
7,00	27,00
7,08	26,30
7,17	25,60
7,25	25,40
7,33	25,40
7,42	25,40
7,50	25,45
7,67	25,45
7,83	25,50
8,00	25,50
8,50	25,50
9,00	25,50
10,00	25,50
11,00	25,55
12,00	25,60
13,00	25,60
14,00	25,60
15,00	25,65
16,00	25,65

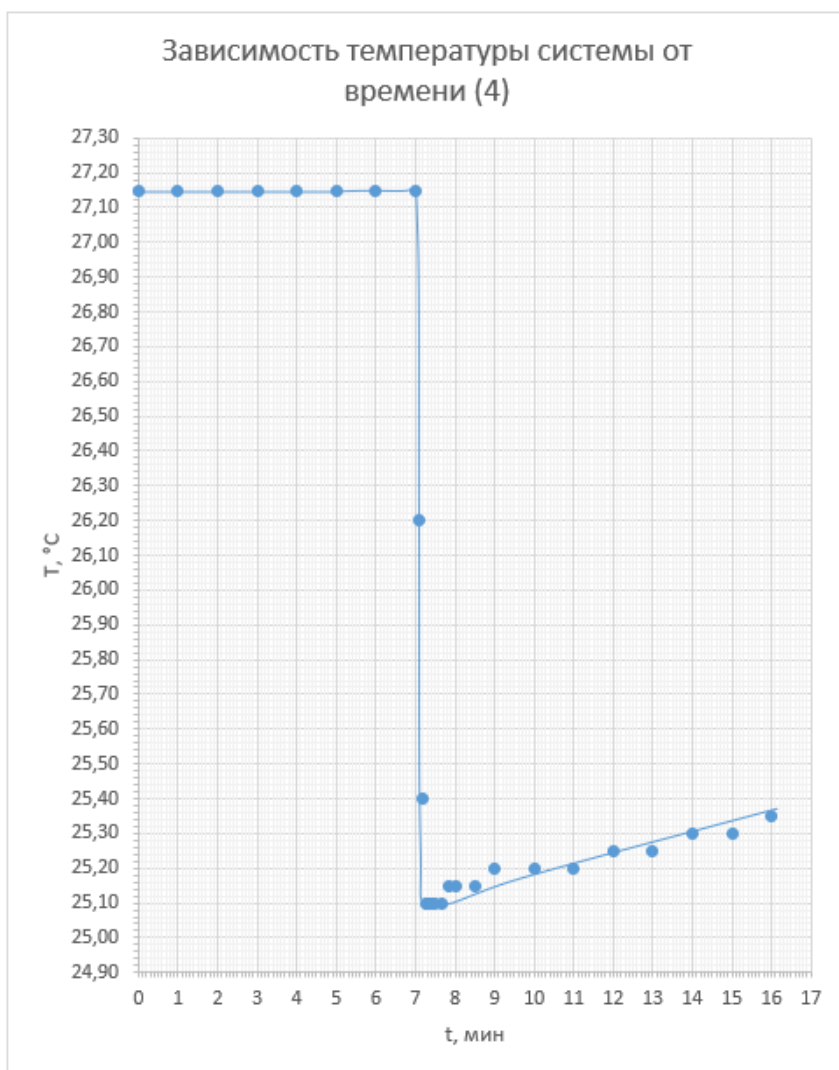
табл. 3



граф. 3

t, мин	T, °C
0,00	27,15
1,00	27,15
2,00	27,15
3,00	27,15
4,00	27,15
5,00	27,15
6,00	27,15
7,00	27,15
7,08	26,20
7,17	25,40
7,25	25,10
7,33	25,10
7,42	25,10
7,50	25,10
7,67	25,10
7,83	25,15
8,00	25,15
8,50	25,15
9,00	25,20
10,00	25,20
11,00	25,20
12,00	25,25
13,00	25,25
14,00	25,30
15,00	25,30
16,00	25,35

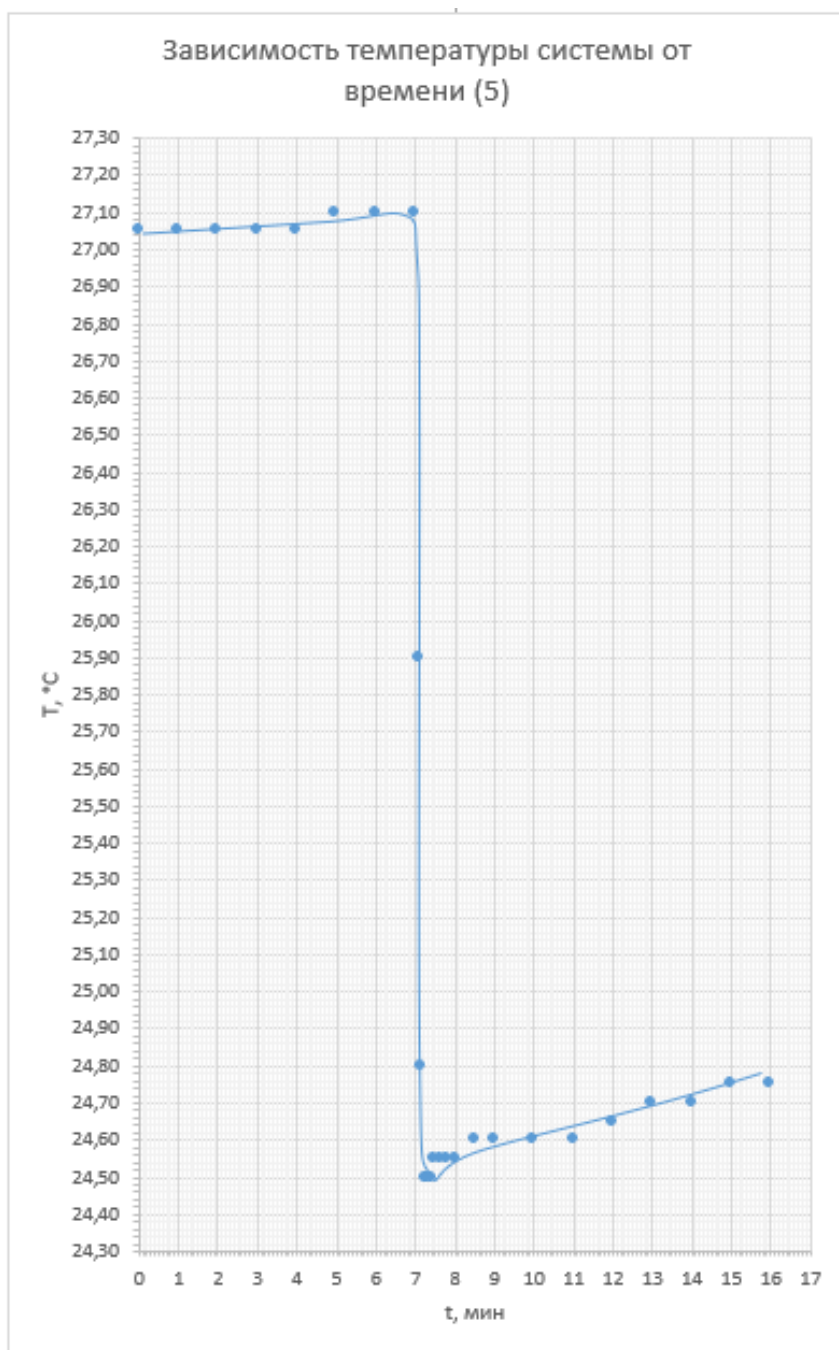
табл. 4



граф. 4

t, мин	T, °C
0,00	27,05
1,00	27,05
2,00	27,05
3,00	27,05
4,00	27,05
5,00	27,10
6,00	27,10
7,00	27,10
7,08	25,90
7,17	24,80
7,25	24,50
7,33	24,50
7,42	24,50
7,50	24,55
7,67	24,55
7,83	24,55
8,00	24,55
8,50	24,60
9,00	24,60
10,00	24,60
11,00	24,60
12,00	24,65
13,00	24,70
14,00	24,70
15,00	24,75
16,00	24,75

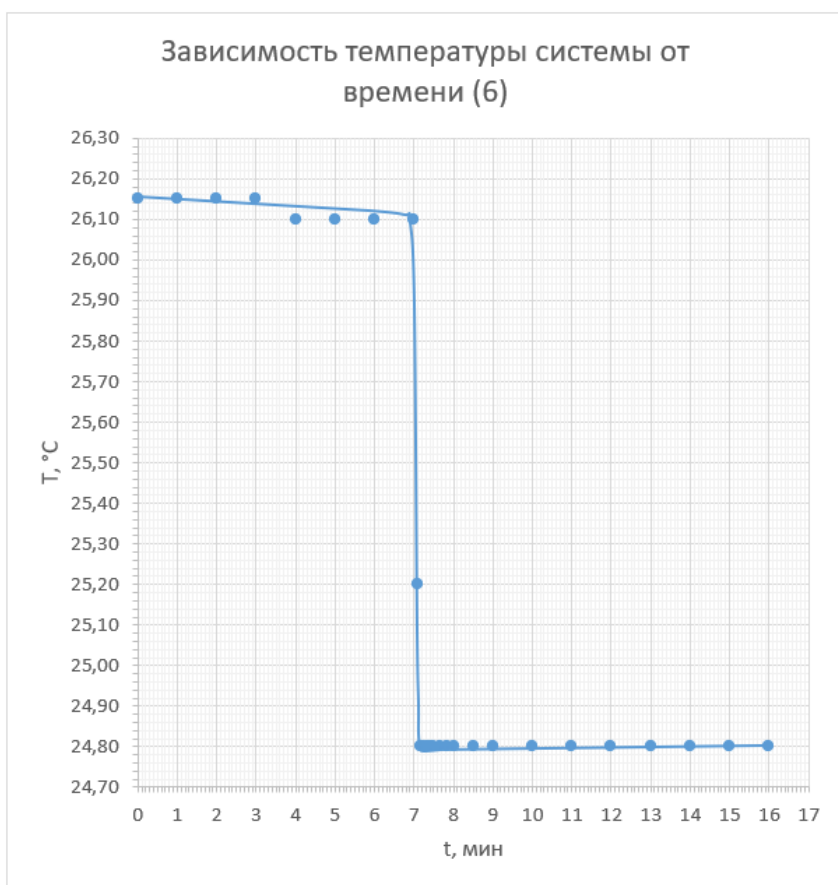
табл. 5



граф. 5

t, мин	T, °C
0,00	26,15
1,00	26,15
2,00	26,15
3,00	26,15
4,00	26,10
5,00	26,10
6,00	26,10
7,00	26,10
7,08	25,20
7,17	24,80
7,25	24,80
7,33	24,80
7,42	24,80
7,50	24,80
7,67	24,80
7,83	24,80
8,00	24,80
8,50	24,80
9,00	24,80
10,00	24,80
11,00	24,80
12,00	24,80
13,00	24,80
14,00	24,80
15,00	24,80
16,00	24,80

табл. 6



граф. 6