

Содержание контрольной работы №2

Задание №1. Напишите развёрнутый ответ на поставленный вопрос.

Задание №2 Напишите развёрнутый ответ на поставленный вопрос.

Задание №3. Решите задачу.

1.1 Указания по выполнению контрольной работы №2

Приступая к выполнению контрольной работы необходимо познакомиться со следующими методическими материалами:

- Дозорцев, В.М. Компьютерные тренажёры для обучения операторов технологических процессов. / В.М. Дозорцев - М.: СИНТЕГ, 2009. – 372 с.
- Ицкович, Э.Л. Методы рациональной автоматизации производства. / Э.Л. Ицкович - М.: Инфра-Инженерия, 2009. – 256 с.
- Ицкович Э.Л. Контроль производства с помощью вычислительных машин./ Э.Л. Ицкович. -М.: Энергия, 1975. – 416 с..
- Харазов, В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. / В.Г. Харазов–СПб.: Профессия, 2013. – 655 с.
- Чистякова, Т.Б. Математическое моделирование Химико-технологических объектов с распределенными параметрами. / Т.Б. Чистякова, Л.В. Гольцева, А.Н. Полосин. - СПб., «Профессия», 2010. – 239 с.
- Чистякова, Т.Б. Интеллектуальное управление многоассортиментным коксохимическим производством./ Т.Б. Чистякова, О.Г. Бойкова, Н.А. Чистяков - СПб., «Профессия», 2010. – 187 с.
- Сотников, В.В. Основы теории управления. Базовый курс. / В.В. Сотников, Л.Ф. Макарова. - СПб, СПбГТИ(ТУ), 2010. – 155 с.

Кроме литературы желательно пользоваться ресурсами Internet. В первую очередь начальные знания и интересные сведения можно найти на сайтах Википедии. Более подробная информация содержится на многочисленных сайтах и порталах, посвященных автоматизированные системам управления. Ссылок не даём, так как найти их достаточно просто с помощью любого поисковика, например, Google. Используя информацию из интернета, следует помнить, что там могут содержаться опечатки, неточности и просто ошибки. Поэтому настоятельно рекомендуем проверять информацию, сравнивая различные источники и желательно первоисточники. При выполнении задания №3 приветствуется включение материала из нескольких источников, включая иностранные. Желаем успеха.

1.2 Варианты заданий контрольной работы №2

Вариант №1

- 1) Аналитическая градуировка датчика (АГД).
- 2) Экспоненциальный фильтр.
- 3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от -200°C до -100°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 1) градуировка платинового термометра сопротивления 50П($R_0=50\ \text{Ом}$).

Вариант №2

- 1) Асимптотические полиномы.
- 2) Статистическая экстраполяция по 2-ум точкам.
- 3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от -120°C до -20°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 1) градуировка платинового термометра сопротивления 50П ($R_0=50\ \text{Ом}$).

Вариант №3

- 1) Регрессионные полиномы, используемые для аналитической градуировки датчика (АГД).
- 2) Определение интегральных и средних значений величин и показателей.
- 3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 20°C до 120°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 1) градуировка платинового термометра сопротивления 50П($R_0=50\ \text{Ом}$).

Вариант №4

- 1) Полиномы наилучшего равномерного приближения (ПНРП).
- 2) Определение скорости изменения величины и показателей.
- 3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 100°C до 200°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 1) градуировка платинового термометра сопротивления 50П($R_0=50\ \text{Ом}$).

Вариант №5

- 1) Алгоритмы первичной обработки информации.
- 2) Определение величин и показателей, неизмеряемых прямым методом (косвенное измерение).

3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 200°C до 320°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 1) градуировка платинового термометра сопротивления $50\text{П}(R_0=50\text{ Ом})$.

Вариант №6

1) Фильтрация.

2) Прогнозирование значений величин.

3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 300°C до 500°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 1) градуировка платинового термометра сопротивления $50\text{П}(R_0=50\text{ Ом})$.

Вариант №7

1) Фильтр скользящего среднего.

2) Определение статистических характеристик, величин и показателей.

3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 500°C до 650°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 1) градуировка платинового термометра сопротивления $50\text{П}(R_0=50\text{ Ом})$.

Вариант №8

1) Статистический фильтр нулевого порядка.

2) Прогнозирование методом полиномиальной модели.

3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от -200°C до 0°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 2) градуировка платинового термометра сопротивления $100\text{П}(R_0=100\text{ Ом})$.

Вариант №9

1) Статистический фильтр первого порядка.

2) Прогнозирование с помощью модели авторегрессии.

3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 0°C до 200°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 2) градуировка платинового термометра сопротивления $100\text{П}(R_0=100\text{ Ом})$.

Вариант №10

1) Медианный фильтр.

2) Определение текущего значения величины непосредственно измерением автоматическим прибором или датчиком.

3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 200°C до 400°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 2) градуировка платинового термометра сопротивления $100\text{П}(R_0=100\ \text{Ом})$.

Вариант №11

1) Фильтр релейно-экспоненциального сглаживания.

2) Определение значения величины, вычисляемой по измеренным датчиком сигналам.

3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 400°C до 640°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 2) градуировка платинового термометра сопротивления $100\text{П}(R_0=100\ \text{Ом})$.

Вариант №12

1) Робастные фильтры.

2) Определение периода опроса датчиков измеряемых величин.

3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от -50°C до 0°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 3) градуировка медного термометра сопротивления $100\text{П}(R_0=100\ \text{Ом})$.

Вариант №13

1) Ступенчатая экстраполяция.

2) Виды контроля технологического процесса.

3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 10°C до 70°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 3) градуировка медного термометра сопротивления $100\text{П}(R_0=100\ \text{Ом})$.

Вариант №14

- 1) Ступенчатая интерполяция
- 2) Статистический фильтр по 2-ум точкам.
- 3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 80°C до 140°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 3) градуировка медного термометра сопротивления $100\text{П}(R_0=100\ \text{Ом})$

Вариант №15

- 1) Линейная интерполяция.
- 2) Статистическая экстраполяция по 2-ум точкам без смещения.
- 3) Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения температуры от 150°C до 200°C по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице (см. приложение 3) градуировка медного термометра сопротивления $100\text{П}(R_0=100\ \text{Ом})$.

1.3 Пример решения контрольной работы №2

Задание 1. Напишите ответ на вопрос.

Проверка достоверности информации

Недостоверность информации появляется при отказах информационно-измерительных каналов. Отказы бывают двух видов: полные и частичные. Полный отказ наступает при выходе из строя измерительного преобразователя, или при повреждении линии связи. При частичном отказе технические средства сохраняют работоспособность, однако погрешность измерения превышает допустимое значение.

Алгоритмы, позволяющие обнаруживать полные отказы:

1) Алгоритм допускового контроля параметра:

проверка условия $-X_i^{\min} \leq X_i \leq X_i^{\max}$

X_i^{\min} – минимально возможное значение i -го параметра;

X_i^{\max} – максимально возможное значение i -го параметра.

Если условие не выполняется, то информация недостоверная. В этом случае используют достоверную информацию, полученную в предшествующий момент времени, либо используют среднее значение i -го параметра.

2) Алгоритм основан на определении скорости изменения i -го параметра и проверки условия:

$$A \leq X_i \leq B$$

$$X_i = dX_i(t)/dt$$

$$dX_i(t)/dt = (X_i(k) - X_i(k-1))/T_0, \text{ где } T - \text{период опроса, } T = dt$$

3) Алгоритм аппаратного резервирования – алгоритм контроля информации, с помощью которого выявляются частичные отказы, основанные на использовании информационной избыточности. Избыточность может быть получена путем резервирования информационно – измерительных каналов (аппаратная избыточность), или путем определения некоторых параметров с помощью прямого измерения, так и путем расчетов через другие параметры.

Аппаратная избыточность – признак отказа, нарушение условия $-|X_i - X| < C$, где

X – это среднее значение по всем измерительным преобразованиям

X_i – значение, полученное от i измерительного преобразования

C – наибольшее допустимое значение модуля разности (2-3 от среднеквадратичной погрешности изменения преобразования)

4) Уравнение материального баланса имеет вид: $f(y_1, y_2, \dots, y_n) = 0$. Уравнение выполняется лишь в том случае, если значения параметров y_1, y_2, \dots, y_n соответствуют истинным значениям. Если параметры изменяются с погрешностью Δy_i , имеем $\tilde{y}_i = y_i + \Delta y_i$. При подстановке значений \tilde{y}_i , получим $f(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_n) = \delta \neq 0$. Если $|\delta| > \delta^{\max}$, то информация считается недостоверной.

Задание 2. Напишите ответ на вопрос.

Статистическая интерполяция по 2-ум точкам без смещения.

В автоматизированных системах управления (АСУ) статистическую интерполяцию используют для определения значения измеряемого параметра в моменты времени между двумя последними точками считывания показаний в управляющее вычислительное устройство. Статистическая интерполяция (экстраполяция, фильтрация) предполагает для реализации использования знания статистических характеристик контролируемого параметра.

Наиболее известны 3 алгоритма:

Статистическая интерполяция по 1-ой точке:

$$x_p(t) = a * x(t_n) + (1-a) * m_x$$

Статистическая интерполяция по 2-ум точкам:

$$x_p(t) = a_1 * x(t_n) + a_2 * x(t_{n-1}) + (1-a_1-a_2) * m_x$$

Статистическая интерполяция по 2-ум точкам без смещения:

$$x_p(t) = a * x(t_n) + (1-a) * x(t_{n-1})$$

где $x_p(t)$ - расчетное значение параметра при $t_n > t > t_{n-1}$

t_n, t_{n-1} - точки контроля $t_n = t_{n-1} + t_0$, t_0 - период опроса.

Коэффициенты a, a_1, a_2 определяются по критерию

$F = M\{(x_p(t) - x(t))^2\} \rightarrow \min$, M - функция математического ожидания.

Рассмотрим решение для статистическая интерполяция по 2-ум точкам без смещения подставив вместо $x_p(t)$ соответствующую формулу:

$F = M\{((a * x(t_n) + (1-a) * x(t_{n-1})) - x(t))^2\}$ раскроем квадрат \rightarrow

$$F = M\{(a * x(t_n))^2\} + M\{(1-a)^2 * (x(t_{n-1}))^2\} + M\{(x(t))^2\} + M\{2 * (a * x(t_n)) * ((1-a) * x(t_{n-1}))\} -$$

$$M\{2 * (a * x(t_n)) * x(t)\} - M\{2 * ((1-a) * x(t_{n-1})) * x(t)\} = a^2 * (D_x + m_x^2) + (1-a)^2 * (D_x + m_x^2) +$$

$$(D_x + m_x^2) + 2 * a * (1-a) * (K_x(t_0) + m_x^2) - 2 * a * (K_x(t_n - t) + m_x^2) - 2 * (1-a) * (K_x(t_{n-1} - t) + m_x^2) =$$

$$D_x * (2 * a^2 - 2 * a + 2) + K_x(t_0) * (2 * a - 2 * a^2) - K_x(t_n - t) * 2 * a - K_x(t_{n-1} - t) * (2 - 2 * a).$$

Где m_x - математическое ожидание параметра x

D_x - дисперсия параметра x

$K_x(t_0), K_x(t_n - t), K_x(t_{n-1} - t)$ - значения корреляционной функции параметра x для $t_0, t_n - t$ и $t_{n-1} - t$ соответственно. Для нахождения a решим $\partial F / \partial a = 0$.

$$4 * a * D_x - 2 * D_x - 4 * a * K_x(t_0) + 2 * K_x(t_0) - 2 * K_x(t_n - t) + 2 * K_x(t_{n-1} - t) = 0 \rightarrow$$

$$a = (D_x - K_x(t_0) + K_x(t_n - t) - K_x(t_{n-1} - t)) / (2 * D_x - 2 * K_x(t_0)) \quad (1)$$

Проверим правильность. Если $t = (t_n + t_{n-1}) / 2$, т.е. расчетное значение находится в середине интервала $\rightarrow K_x(t_n - t) = K_x(t_{n-1} - t)$ и $a = 0,5$, что логично.

Если $t = t_n \rightarrow K_x(t_n - t) = K_x(0) = D_x, K_x(t_{n-1} - t) = K_x(t_0)$ и $a = 1$, что тоже логично.

Таким образом, зная статистические характеристики измеряемого параметра можно эффективно использовать рассмотренный способ. Особенностью данного способа является отсутствие в формуле математического ожидания параметра, что положительно сказывается на точность вычислений.

Задание 3. Решите задачу.

Получить вид регрессионного уравнения в виде полинома 1-ой степени для определения концентрации по выходным значениям соответствующего измерительного прибора. Произвести оценку точности градуировки полученным уравнением. В качестве исходных данных использовать результаты измерений, представленные в таблице:

Таблица 1 Градуировочная таблица

№	I, мА	C, %
1	1,0	2,0
2	2,5	2,3
3	3,5	2,65
4	4,2	2,7
5	4,5	3,0

Решение

Нанесем на график точки, координаты которых соответствуют данным таблицы.

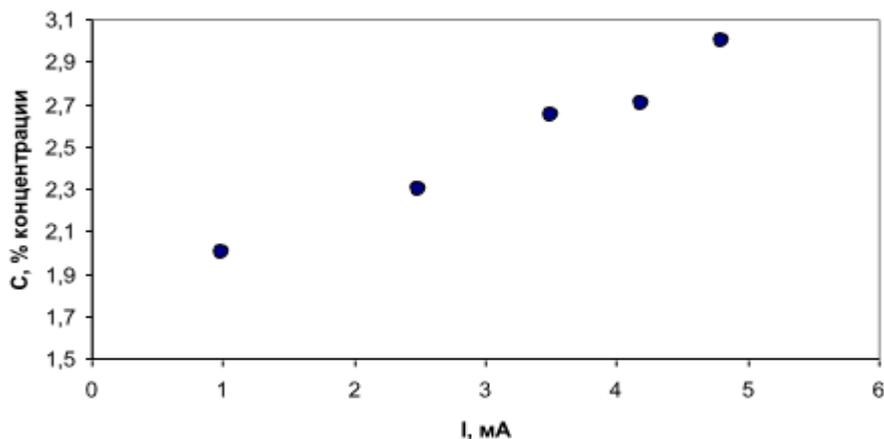


Рис.1. Графическое изображение экспериментальных данных

По графику видно, что зависимость близка к линейной. Следовательно, математическая модель датчика может быть записана в виде уравнения прямой с коэффициентами b_0 и b_1 .

$$C_p = b_0 + b_1 * I \quad (1)$$

где: C_p - расчетное значение концентрации.

Требуется найти коэффициенты уравнения (1) так, чтобы обеспечить минимальное расхождение между расчетными (C_p) и экспериментальными (C) значениями концентрации

Критерий оптимальности можно записать в виде:

$$f = \sum (C_{pi} - C_i) \rightarrow \min$$

где: C_{pi} - расчетное значение концентрации i -ого эксперимента;

C_i - значение концентрации i -ого эксперимента.

Подставляя $C_{pi}=b_0+b_1 \cdot I_i$ получим:

$$f=\sum(b_0+b_1 \cdot I_i-C_i) \rightarrow \min \quad (2)$$

где: I_i - значение выходного сигнала измерительного прибора (датчика) i -ого эксперимента.

Подставляя в функцию (2) значения из таблицы можно получить функцию двух переменных $f(b_0, b_1)$.

$$f=(b_0+b_1 \cdot 1-2)^2+(b_0+b_1 \cdot 2,5-2,3)^2+(b_0+b_1 \cdot 3,5-2,65)^2+(b_0+b_1 \cdot 4,2-2,7)^2+(b_0+b_1 \cdot 4,8-3)^2 \rightarrow \min$$

Для определения b_0 и b_1 , обеспечивающих \min , необходимо решить систему 2-ух уравнений $\partial f/\partial b_0=0$ и $\partial f/\partial b_1=0$

$$\begin{aligned} \partial f/\partial b_0 &= 2 \cdot (b_0+b_1 \cdot 1-2) + 2 \cdot (b_0+b_1 \cdot 2,5-2,3) + 2 \cdot (b_0+b_1 \cdot 3,5-2,65) + 2 \cdot (b_0+b_1 \cdot 4,2-2,7) \\ &+ 2 \cdot (b_0+b_1 \cdot 4,8-3) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \partial f/\partial b_1 &= 2 \cdot (b_0+b_1 \cdot 1-2) \cdot 1 + 2 \cdot (b_0+b_1 \cdot 2,5-2,3) \cdot 2,5 + 2 \cdot (b_0+b_1 \cdot 3,5-2,65) \cdot 3,5 \\ &+ 2 \cdot (b_0+b_1 \cdot 4,2-2,7) \cdot 4,2 + 2 \cdot (b_0+b_1 \cdot 4,8-3) \cdot 4,8 = 0 \end{aligned}$$

Решая систему, получим $b_0=1,72$ и $b_1=0,25$

Таким образом $C_p=1,72+0,25 \cdot I$ (3)

По выражению (3) рассчитаем значения концентрации в зависимости от значений выходного сигнала датчика для каждого эксперимента, полученные результаты сведем в таблицу:

№	I, мА	C_p , %	C, %	Δ	$\Delta\%$
1	1,0	1,97	2,0	0,03	1,5
2	2,5	2,34	2,3	0,04	1,74
3	3,5	2,53	2,65	0,12	4,53
4	4,2	2,77	2,7	0,07	2,59
5	4,5	2,85	3,0	0,15	5

Где: $\Delta=|C_p-C|$

$\Delta\%=|C_p-C|/C \cdot 100\%$, для $C \neq 0$.

Построим градуировочную зависимость в поле точек (рис.2),

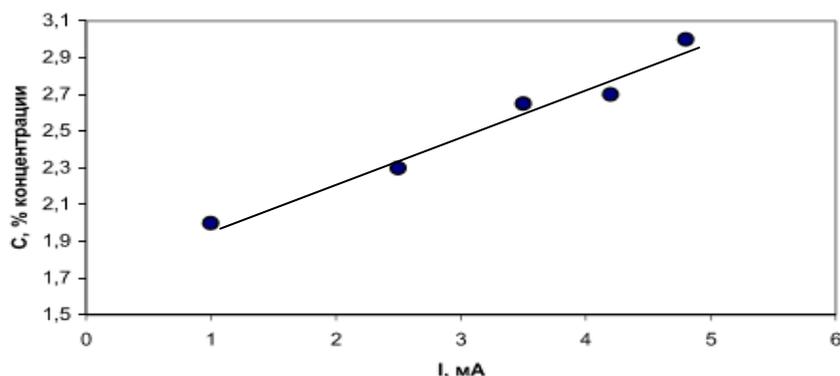


Рисунок 2. Градуировочная зависимость датчика концентрации.

Определим средние абсолютную($\Delta_{\text{ср}}$) и относительную($\Delta_{\text{ср}}\%$) погрешности.

$$\Delta_{\text{ср}} = (\sum |C_{\text{рi}} - C_i|) / n,$$

$$\Delta_{\text{ср}}\% = (\sum |C_{\text{рi}} - C_i| / |C_i|) * 100\% / n, \text{ для } C_i \neq 0$$

где n - количество экспериментальных точек.

Получаем $\Delta_{\text{ср}} = 0,082$, $\Delta_{\text{ср}}\% = 3,07$.

Дополнительно определим $\Delta_{\text{max}} = \max_i |C_{\text{рi}} - C_i| = 0,15$,

$\Delta_{\text{max}}\% = \max |C_{\text{рi}} - C_i| / |C_i| * 100\% = 5\%$, для $C_i \neq 0$.

Приложение 1

$t, ^\circ\text{C}$	$R, \text{ Ом}$						
-200	8,654	20	53,95	260	99,61	640	164,94
-180	12,99	40	57,89	280	103,26	650	166,55
-160	17,28	60	61,80	300	106,88		
-140	21,50	80	65,69	320	110,49		
-120	25,68	100	69,55	400	124,68		
-100	29,81	120	73,39	420	128,16		
-80	33,0	140	77,21	460	135,07		
-60	37,7	160	81,00	500	141,88		
-40	42,00	180	84,77	540	148,59		
-20	46,01	200	88,51	580	155,20		
0	50,00	220	92,23	620	163,34		

Градуировка платинового термометра сопротивления 50П ($R_0=50 \text{ Ом}$)

Приложение 2

$t, ^\circ\text{C}$	$R, \text{ Ом}$	$t, ^\circ\text{C}$	$R, \text{ Ом}$
-200	17,30	240	192,87
-160	34,55	280	206,52
-120	51,35	320	220,98
-180	67,81	360	235,26
-40	84,01	400	242,39
0	100,00	440	263,26
40	115,79	480	276,97
80	131,38	520	290,49
120	146,79	560	309,82
160	162,00	600	316,26
200	177,03	640	329,89

Градуировка платинового термометра сопротивления 100П ($R_0=100 \text{ Ом}$)

Приложение 3

$t, ^\circ\text{C}$	$R, \text{ Ом}$	$t, ^\circ\text{C}$	$R, \text{ Ом}$
-50	78,480	80	134,242
-40	82,810	90	138,522
-30	87,120	100	142,800
-20	91,420	110	147,079
-10	95,720	120	151,357
0	100	130	155,635
10	104,281	140	159,913
20	108,563	150	164,192
30	112,844	160	168,470
40	117,121	170	172,748
50	121,404	180	177,026
60	125,684	190	181,305
70	129,963	200	185,583

Градуировка медного термометра сопротивления 100М ($R_0=100 \text{ Ом}$)