

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

A-139

P10-87-893

**К.П.Абдурахманов\*, Б.Ю.Семенов\*, Э.М.Юсупов\*,  
Я.Лесински**

**МИКРОТЕРМОСТАТ  
С УПРАВЛЕНИЕМ ОТ КОМПЬЮТЕРА**

---

\* Научно-исследовательский институт прикладной физики Ташкентского государственного университета

В работе описывается система термостатирования, обеспечивающая как установку требуемого значения температуры испытуемого образца в диапазоне 77,32...341 К, так и ее ступенчатое измерение с заданной скоростью. Рабочий объем термостата 0,2 см<sup>3</sup>. Микротермостат предназначен для использования в спектроскопии глубоких уровней /1/.

### БЛОК-СХЕМА СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ

В систему термостатирования входят (рис. 1) диалого-вычислительный комплекс ДВК-2, крейт КАМАК с блоками, микротермостат с транзистором-нагревателем и диодом-датчиком температуры, сосуд Дьюара с жидким азотом. В крейте размещены блоки контроллера КК007, КЭ003, КП007 /2,3/, преобразователь код-аналог КА009 /4/, блок управления микротермостатом.

Цифроаналоговый преобразователь КА009 построен на основе микросхемы К572ПА1А, абсолютная погрешность и дифференциальная нелинейность которой по паспортным данным составляют соответственно  $\pm 3\%$  и  $\pm 0,3\%$  от полной шкалы /5,6/, что может привести

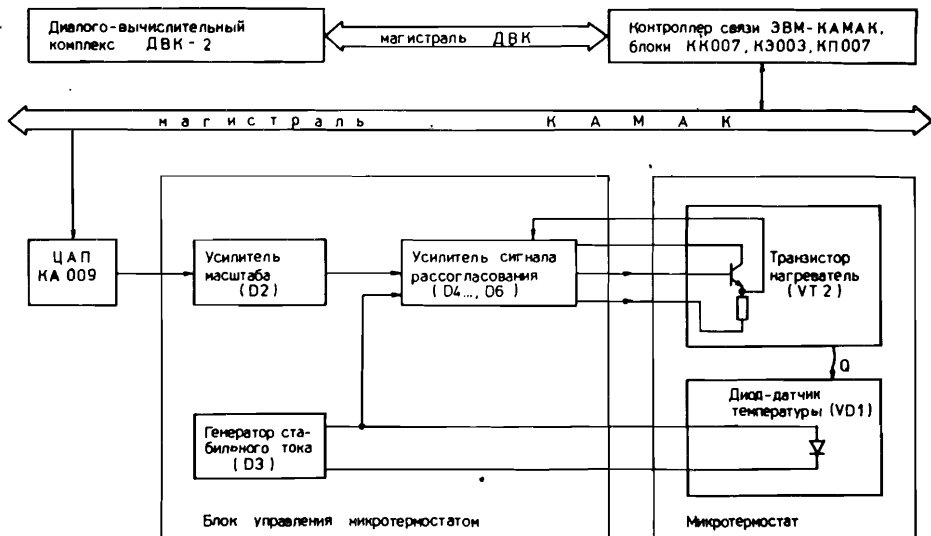
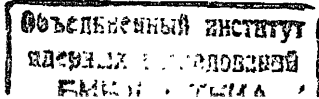


Рис. 1. Блок-схема системы термостатирования.



к большой погрешности при установке температуры (до  $\pm 10$  К), а также потере монотонности при ее изменении.

Абсолютную погрешность преобразователя можно уменьшить предварительной подстройкой "нуля" и "наклона" передаточной характеристики, дифференциальную нелинейность — коррекцией коэффициента передачи тех разрядов преобразователя, вклад которых в эту погрешность оказывается наибольшим. Для выявления подобных разрядов снимались "опасные" в этом отношении точки передаточной характеристики преобразователя (табл. 1).

Таблица 1

Некоторые точки передаточной характеристики преобразователя цифра-аналог КА009

1	Ном. по пор.	i	1	2	3	4	5	6
2	Вход	bit	0	1	2	3	4	7
3	Выход	V, mV	0,16	10,6	20,8	31,0	40,7	71,1
4		$V_i - V_{(i-1)}$ mV	—	9,0	10,2	10,2	9,7	—

1	7	8	9	10	11	12	13
2	8	15	16	31	32	63	64
3	80,3	150,3	159,3	309,5	319,8	628,6	639,0
4	9,2	—	9,0	—	10,3	—	10,4

1	14	15	16	17	18	19	20
2	127	128	255	256	511	512	1023
3	1266,9	1281,8	2547,8	2563,0	5109,6	5143,6	10250,5
4	—	14,9	—	15,2	—	33,9	—

Из таблицы видно, что наибольший вклад в дифференциальную нелинейность (g) вносит десятый разряд преобразователя:

$$g = (33,9 - 10) \times 100 / 10230 = 0,2\% \quad (\text{от полной шкалы}).$$

Коррекция коэффициента передачи этого разряда с помощью резистора 1,8 МОм, устанавливаемого между входом этого разряда и выходом микросхемы К572ПА1А (точки D24:4 и D24:1 в схеме КА009), уменьшает погрешность до значения  $g = (15,2 - 10) \times 100 / 10230 = 0,05\%$ .

Таким образом, с помощью рассмотренных мер общую погрешность установки температуры можно свести к десятым долям кельвина.

В качестве датчика температуры использовался кремниевый диод типа КД520А. Зависимость напряжения от температуры на этом диоде при постоянном токе 100 мкА снималась с использованием точек пла-

вления воды, ацетона и точек кипения азота и воды (табл. 2). Попытка использовать точку плавления этилового спирта не привела к успеху из-за большой вязкости спирта при температуре плавления.

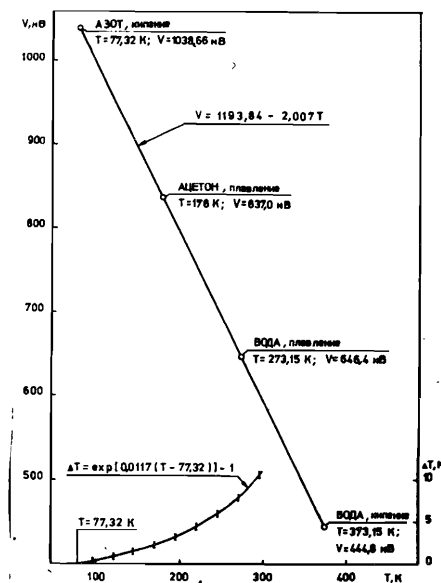
Таблица 2

Некоторые точки зависимости напряжение-температура для двух кремниевых диодов типа КД520А

№	Температура, К	Напряж. на диодах, mV		Способ получения температуры
		№1	№2	
1	77,32	1038,66	1039,13	Кипение азота
2	158,5	?	?	Плавл. спирта этилов.
3	178,0	837,0	836,4	Плавление ацетона
4	273,15	646,4	645,2	Плавление воды
5	373,15	444,8	443,5	Кипение воды

На основе полученных данных построен график зависимости напряжение-температура, изображенный на рис. 2. На рассматриваемом участке эта зависимость имеет линейный характер ( $V = 1193,84 - 2,007 \times T$ ), что согласуется с результатами, приводимыми в литературе [7,8,9].

Рис. 2. Графики зависимостей:  $V = f(T)$  (напряжение-температура) для кремниевых диодов КД520А при токе 100 мкА и  $\Delta T = f(T)$ , где  $\Delta T$  — перепад температуры между датчиком и образцом без теплового экрана и без надежного теплового контакта между образцом и изолирующей пластиной, а  $T$  — температура статирования.



## КОНСТРУКЦИЯ МИКРОТЕРМОСТАТА

Рабочий объем микротермостата (место для образца) имеет форму цилиндра высотой 2 мм и диаметром 11 мм (рис. 3). Образец размещается между изолирующей пластиной (7) с металлизированной верхней поверхностью и прижимным устройством (12), обеспечивающим тепловой и электрический контакты образца с пластиной. Весь термо-

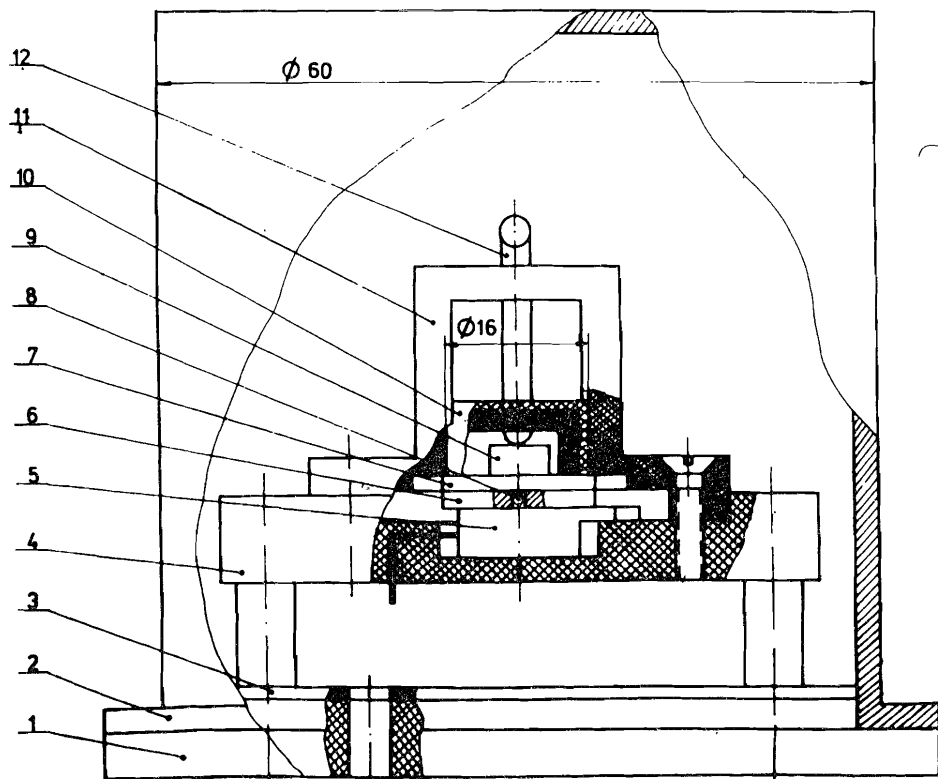


Рис. 3. Конструкция микротермостата. 1 — основание кожуха, 2 — кожух, 3 — печатная плата, 4 — основание, 5 — транзистор-нагреватель, 6 — алюминиевая прокладка, 7 — изолирующая пластина, 8 — диод-датчик, 9 — испытуемый образец, 10 — тепловой экран, 11 — фланец, 12 — прижимное устройство.

стат находится в жидком азоте. В качестве нагревателя используется транзистор (9). Тепловые контакты между транзистором-нагревателем, изолирующей пластиной, алюминиевой прокладкой (6), диодом-датчиком температуры (8) и тепловым экраном (10) обеспечиваются за счет плотного прилегания этих деталей и использования при сборке пасты с высокой теплопроводностью.

В целях увеличения скорости подъема температуры образца принимались меры по уменьшению термостатируемой массы и увеличению максимально реализуемой мощности нагревателя. Оценочное значение максимальной скорости нарастания температуры может быть получено из формулы:

$$V_{\text{н}} = (P_{\text{М}} - P_{\text{МП}}) / (C_{\text{ср}} \times M + C_{\text{ТЭ}} \times M_{\text{ТЭ}}) = 6,5 \text{ K/c},$$

где  $P_{\text{М}} = 59 \text{ Вт}$  — максимальная мощность, реализуемая нагревателем термостата,  $P_{\text{МП}} = 7 \text{ Вт}$  — максимальная мощность теплопотерь,  $C_{\text{ср}} = 0,6 \text{ кДж/кг} \times \text{K}$  и  $M = (4...5) \text{ г}$  — средняя теплоемкость и масса термостатируемых элементов (транзистор-нагреватель, прокладка, изолирующая пластина, образец),  $C_{\text{ТЭ}} = 0,9 \text{ кДж/кг} \times \text{K}$  и  $M_{\text{ТЭ}} = 4,3 \text{ г}$  — средняя теплоемкость и масса теплового экрана.

Для уменьшения температурных градиентов в рабочем объеме термостата и температурного перепада между датчиком и образцом тепловой экран и изолирующую пластину необходимо изготавливать из материалов с высокой теплопроводностью. В описываемом термостате изолирующая пластина выполнена из окиси бериллия с коэффициентом теплопроводности  $\gamma = 1,4...1,9 \text{ Вт/см} \times \text{K}$ , а тепловой экран — из алюминия с  $\gamma = 2,3 \text{ Вт/см} \times \text{K}^{10/}$ . Оценочное значение температурного перепада между верхом и низом изолирующей пластины для этого случая может быть определено из выражения

$$\Delta T = \ell \times P_{\text{н}} / s \times \gamma = 3,5 \times 0,1 / 0,95 \times 1,4 = 0,3 \text{ K},$$

где  $\ell = 0,1 \text{ см}$ ,  $s = 0,95 \text{ см}^2$  — толщина и площадь пластины,  $P_{\text{н}} = 3,5 \text{ Вт}$  — максимальная мощность теплоотдачи через пластину,  $\gamma = 1,4 \text{ Вт/см} \times \text{K}$  — коэффициент теплопроводности пластины.

Таблица 3

Экспериментальные данные по зависимости температурного перепада между датчиком и образцом ( $\Delta T$ ) от температуры статирования ( $T$ ).  $V_{\text{б}}$  (bottom),  $V_{\text{т}}$  (top) — напряжения на нижнем и верхнем диодах-датчиках температуры,  $A = 0,5 \text{ [K/mV]}$  — температурный коэффициент диодов-датчиков. Диод 1 устанавливался в качестве нижнего (датчика), диод 2 — в качестве верхнего (образца) (см. табл. 2)

№	$V_{\text{б}}, \text{ mV}$	$V_{\text{т}}, \text{ mV}$	$\Delta V = V_{\text{б}} - V_{\text{т}}, \text{ mV}$	$T = A \times V_{\text{б}}, \text{ K}$	$\Delta T = A \times V, \text{ K}$
1	1039,13	1038,66	0	77,72	0
2	1000,25	1000,51	0,26	96,62	0,130
3	940,95	951,64	1,69	121,59	0,845
4	900,40	903,15	2,75	146,19	1,375
5	850,93	855,42	4,49	170,75	2,245
6	800,89	807,52	6,31	195,59	3,155
7	750,85	759,90	9,05	220,44	4,525
8	700,75	712,73	11,98	245,62	5,990
9	651,25	667,26	16,01	269,88	8,005
10	600,00	620,90	20,90	295,94	10,450

Для оценки возможности работы без теплового экрана (10) была снята зависимость перепада температуры между датчиком и образцом от температуры статирования (табл. 3, рис. 2). В качестве образца использовался диод КД520. Полученная зависимость  $\Delta T = f(T)$  достаточно хорошо аппроксимируется выражением

$$\Delta T = \exp [ 0,0117 (T - 77,32) ] - 1 .$$

### ПРИНЦИПАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ МИКРОТЕРМОСТАТОМ

Принципиальная электрическая схема блока управления микро-термостатом изображена на рис. 4. В нее входят усилитель масштаба D1, D2, стабилизатор тока диода-датчика температуры D3 // 11/, повторитель сигнала датчика температуры D7, усилитель сигнала рассогласования D4...D6, VT1, схема защиты транзистора VT2 от перегрева D8, D9, VT3, K1.

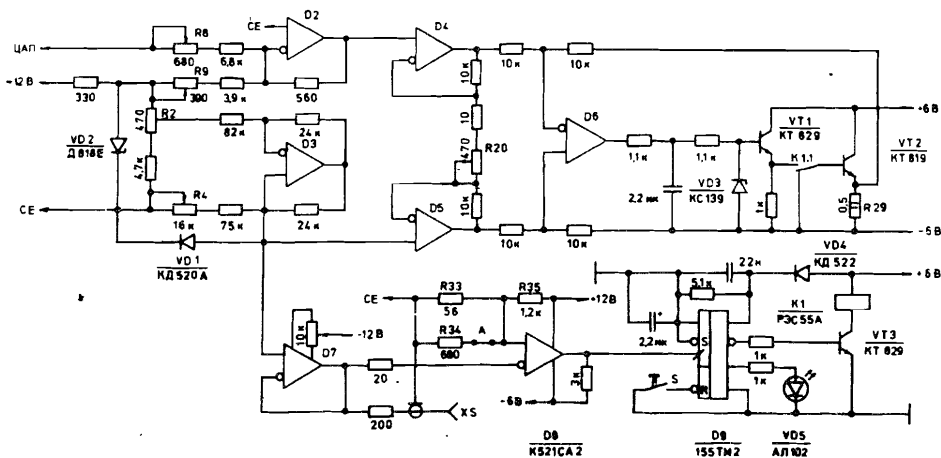


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема блока управления микротермостатом. ПРИМЕЧАНИЕ: 1. СЕ — чистая земля. 2. Переменные резисторы R8, R9 служат соответственно для подстройки начальной точки и наклона передаточной характеристики микротермостата ( $K/bit$ ), R20 — для установки требуемого значения петлевого усиления, R2 — для подстройки номинального значения тока датчика температуры, с помощью R4 обеспечивается независимость этого тока от напряжения диода-датчика. 3. Микросхемы D2...D7 — типа 140УД8 (А или Б).

В качестве датчика температуры используется диод VD1, нагревающим элементом служит транзистор VT2.

Схема функционирует в обычной манере схем с отрицательной обратной связью: напряжение датчика температуры VD1 сравнивается

с напряжением на выходе D2, задающим требуемую температуру статирования, при этом вырабатывается такое значение тока транзистора-нагревателя, которое обеспечивает выполнение равенства входных сигналов.

Схема защиты от перегрева предупреждает выход из строя транзистора-нагревателя при включении питания или неисправности в цепи обратной связи. Датчиком температуры в схеме защиты служит тот же диод VD1. Напряжение, соответствующее температуре срабатывания защиты, формируется делителем R33...R35. При снятой перемычке "А" температура срабатывания оказывается принадлежащей рабочему диапазону, благодаря чему облегчается проверка и настройка этой схемы.

Расчетная схема генератора (стабилизатора) тока диода-датчика изображена на рис. 5а. Если  $R_a = R_b = R$ ,  $R_e = R_f$ ,  $E_c = V_d$ ,  $I_c = 0$ ,  $I_d = 0$ , а  $A \gg 1$ , то для определения параметров схемы могут быть использованы следующие соотношения:

$$I_{vd} = U_{ref} / R ,$$

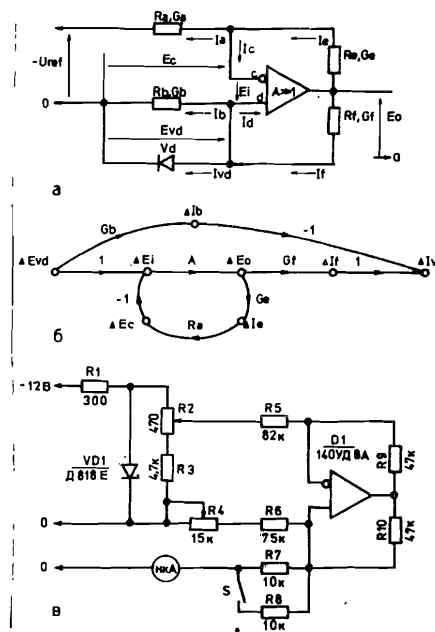
$$I_a = I_{vd} [ (R_{vd} / R) + 1 ] .$$

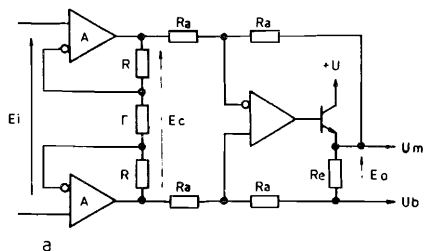
Выражение, определяющее изменение тока датчиком ( $\Delta I_{vd}$ ) при изменении сигнала на нем ( $\Delta E_{vd}$ ), может быть получено из графа сигналов усилителя, изображенного на рис. 5б:

$$(\Delta I_{vd} / \Delta E_{vd}) = [ AG_f / (AG_e R_a + 1) ] - G_b = (R_e / R_f) G_a - G_b .$$

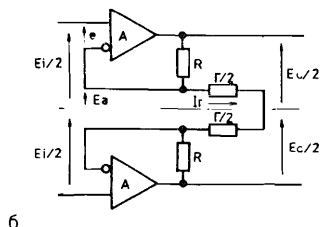
Видно, что независимость тока диода-датчика от сигнала имеет место при выполнении равенства  $(R_e / R_f) G_a = G_b$ , обеспечиваемого соответствующей установкой потенциометра R4 (рис. 5в). Сигнал датчика в процессе под-

Рис. 5. Генератор тока диода-датчика: а — упрощенная расчетная схема, б — граф сигналов, в — подстройка номинального тока диода-датчика R2 ( $R_a, G_a$ ), обеспечения независимости тока диода-датчика от сигнала на нем путем подстройки R4 ( $G_b$ ).

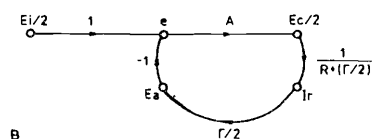




а



б



в

Рис. 6. Усилитель сигнала рассогласования: а — упрощенная расчетная схема, б — возможное представление схемы первого каскада, в — граф сигналов первого каскада усилителя.

стройки R4 может быть имитирован с помощью цепочки из двух резисторов и переключателя (рис. 5в, R7, R8, S).

Измерения, проведенные на конкретном экземпляре генератора, выполненного по схеме, показанной на рис. 5в, с резисторами типа МЛТ, дали следующие отклонения для тока датчика  $I_{vd}$  от номинального (установленного) значения:  $\pm 10^{-5}$  — при изменении напряжения  $E_{vd}$  на 1 В или изменении температуры окружающей среды на 1 К,  $\pm 10^{-2}$  — при изменении напряжения питания -12 В на 1 В.

В качестве усилителя сигнала рассогласования используется схема

на трех ОУ, получившая в литературе название "измерительный усилитель" (ИУ) <sup>12/</sup>. ИУ — дифференциальный усилитель со связями по постоянному току, с высоким входным полным сопротивлением, большим, петлевым усилением и КОСС. Дополнительная полезная особенность используемой схемы — достаточно широкая возможность выбора базового напряжения ( $U_b$ , рис. 6а), относительно которого формируется выходной сигнал  $E_o$ . Коэффициент передачи усилителя  $E_o/E_i$  определяется в рассматриваемом случае коэффициентом передачи первого каскада —  $E_c/E_1$ . Благодаря симметрии последнего его схема и граф сигнала могут быть представлены так, как это изображено на рис. 6б, в. Непосредственно из графа можно записать <sup>13/</sup>:

$$\frac{E_o}{E_1} = \frac{A}{1 + A(r/2) \{1/[R + (r/2)]\}}$$

$$E_c/E_1 = 1 + 2R/r.$$

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программа управления микротермостатом обеспечивает как статический режим работы с установкой требуемой температуры, так и

динамический режим ступенчатого изменения температуры с заданной скоростью. В начальном диалоге могут быть заданы начальная температура и скорость ее изменения, число и величина температурных ступеней, время выдержки на температурной ступени и время задержки сигнала начала работы с образцом. В программе предусмотрена возможность повторений установки начальной температуры или полного цикла измерений с повторением или без повторения начального диалога. В процессе цикла измерения на терминале индицируются текущее, начальное и конечное значения температуры. Листинги программы, пример начального диалога и рабочего сообщения приведены в приложении.

Программа написана на языке Паскаль-1, поддерживаемом операционной системой РАФОС <sup>14/</sup>.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ

Диапазон температур, К	77,32...341
Скорость нарастания температуры, К/с	1...5, max
Коэффициент передачи ЦАП, мВ/бит	10230/1023 = 10,0
Коэффициент передачи термостата, К/бит	$C_t = 0,333333 (1/C_t - \text{целое})$
Коэффициент на выходе ЦАП, мВ/К	30,0
Напряжение на диоде-датчике при 77,32 К, мВ	1038,66
Напряжение на диоде-датчике при 373,15 К, мВ	444,8
Коэффициент передачи датчика, мВ/К	$(444,8 - 1038,66) / (373,15 - -77,32) = -2,007$
Коэффициент передачи операционного усилителя	$-2,007/30,0 = -0,0669$

### Приложение 1

#### Пример начального диалога и рабочего сообщения

```

Нач.температура,К 77.32, 80...341      ->80
Повторить нач.темп.? (Yes)              ->N
Шаг,К 1...261                            ->2
Число шагов 1...130                       ->10
Скорость, К/с 1...10                      ->5
Выдержка, s                               ->5
Задержка, s 0...5                          ->3
Пуск (Start)                               ->S

```

```

Т е м п е р а т у р а
Текущая    Начальная    Конечная
100        80            100

```

```

Повторить измерение ? (Yes)              ->Y
Повторить диалог ? (Yes)                 ->

```

Программа управления микротермостатом

Исходными файлами программы являются: TTS. - Text Thermostat Spectroscopy, GTS.PAS - Global Thermostat Spectroscopy, MTS.PAS - Main Thermostat Spectroscopy, PTS.PAS - Procedures Thermostat Spectroscopy.

Блок КА009 помещается на третью станцию крейта. ЦАП А(0) блока КА009 устанавливает начальную температуру микротермостата и обеспечивает изменение ее во времени. Начальная температура может быть установлена в пределах 77.32, 80...341 К. Программа установки начальной температуры повторяется при введении "Y" в ответ на предложение "Повторить?". Управляющее напряжение для микротермостата формируется с использованием прерывания по таймеру. Для ожидания прерывания используются операторы TST, VNE. Скорость изменения температуры, а также время выдержки и задержки задаются во время начального диалога. Введение в ответ на вопрос о скорости числа, большего 5, вызывает вопрос "Скорость max?(Yes)". При ответе "Y" переход на очередную ступень идет с максимальной скоростью, определяемой мощностью нагревателя, массой, теплоемкостью и теплоотдачей термостатируемых элементов. Под временем ВЫДЕРЖКИ понимается время от окончания процесса установки на очередную температурную ступень до начала установки следующей. Введение в ответ на вопрос "Выдержка, s" нуля вызывает вопрос "Выдержка, ms". ЗАДЕРЖКА - временной интервал от начала ВЫДЕРЖКИ до момента входа на программу рабочих измерений.

ABBREVIATION

-----  
 Them - Temperature,  
 ThRate - Temperature Rate,  
 DAC - Digital Analog Converter,  
 DTime, CTime - Delay Time, Counter Delay Time,  
 SetTh, IniTh, FinTh - Set, Initial and Final Temperature,  
 FTimer, STimer - First and Second Word of Timer Vector,  
 FSaveloc, SSaveloc - First and Second Save Location,  
 RSC, RDC - Status and Data Register of Controller,  
 ThStep, NStep, CStep - Step, Number of Step, Counter of Step, Them.,  
 IDAC, JDAC, NDAC, SDAC - Initial, Job, New, Step the meaning of the DAC.  
 STime, CTime and STime - Step, Counter and Small Counter of Time.

(GLB.PAS - Global Thermostat Spectroscopy)

```

($A-){$T-}
LABEL 1,2,3;
CONST  mnaf=120060B;      {M(2)N(3)A(0)F(16)}
        stt=17401B;       {Start of Transmission}
        redy=40000B;      {Готовность контроллера}
        eot=20000B;       {End of Transmission}
        Ct=0.333333;      { Коэфф.передачи - K/bit}
        yes='Y';         {Yes}
        start='S';       {Start}
VAR     rsc origin 177450B, rdc origin 177452B, idac, jdac,
        ndac, sdac, them, thstep, thrate, nstep, cstep,
        inith, maxsth, sctime, ticperbit, setth, finth:  INTEGER;
        cdtime, dtime, ctime, stime:  REAL;
        what:  ARRAY[1..19] OF CHAR;
        mode:  CHAR;
    
```

(MTS.PAS - Main Thermostat Spectroscopy)

```

PROCEDURE writedac; external;
PROCEDURE question; external;
PROCEDURE pointer; external;
PROCEDURE waiting; external;

BEGIN

        { Запись MNAF и флага }
        rsc:=eot; rdc:=mnaf; rsc:=stt;

        {IniTh,MaxStH,Idac,Jdac}
        1: writeLn; write(' Нач.температура, K 77.32,80...341'); pointer;
        read(them);
        IF them > 79
            THEN BEGIN idac:=round(them/Ct); inith:=them END
            ELSE BEGIN idac:=0; inith:=77 END;
        maxsth:=341-them; jdac:=idac;
    ($C
        BIT  $redy,rsc
        BEQ  -6
    )
        rdc:=jdac;

        { Повторить нач. темп.? }
        what:=' нач. темп.? (Yes) '; question; IF mode=yes THEN GOTO 1;

        {ThStep,Sdac,NDac}
        write(' Шаг, K:', ' ':17,'1... ',maxsth :3); pointer;
        read(thstep);
        sdac:=ROUND(thstep/Ct); ndac:=jdac+sdac;

        {NStep,CStep,FinTh}
        write(' Число шагов ', ' ':12,'1... ',maxsth DIV thstep:3); pointer;
        read(nstep);
        finth:=inith+ROUND(sdac*Ct*nstep); cstep:=nstep;

        {T h R a t e}
        3:write(' Скорость, K/s', ' ':11,'1...5 '); pointer;
        read(thrate);
        IF thrate>5
            THEN
                BEGIN
                    write(' Скорость max? (Yes)', ' ':11); pointer;
                    readLn, read(mode);
                    IF mode(>)yes THEN GOTO 3;
                END;

        {T i c P e r B i t}
        ticperbit:=ROUND(50*Ct/thrate); sctime:=ticperbit;
    
```

```

(STime,DTime,CStime,CDtime)
write(' Выдержка, s', ' ':20); pointer;
read(stime);
IF stime>0
THEN
BEGIN
write(' Задержка, s', ' ':13,'0..',ROUND(stime)=4); pointer;
read(dtime);
dtime:=dtime*50; stime:=stime*50
END
ELSE
BEGIN
write(' Выдержка, ms', ' ':19); pointer;
read(stime);
write(' Задержка, ms', ' ':12,'0..',ROUND(stime)=4); pointer;
read(dtime);
dtime:=dtime/20; stime:=stime/20
END;
ctime:=stime; cdtime:=dtime;

```

```

(S t a r t)
REPEAT
write(' Пуск (start)', ' ':18); pointer;
readln, read(mode)
UNTIL mode=start;

```

```

( Рабочее сообщение )
writeln(' ':39,' Т е м п е р а т у р а, К ');
writeln(' ':37,' Текущая Начальная Конечная ');
2: write(chr(13),' ':74,chr(13)); write(inith:53,finth:11);
write(chr(13),inith:42);

```

```

(waiting,Service)
waitings;

```

```

(E n d)
writeln; writeln; what:=' измерение? (Yes) '? question;
IF mode=yes
THEN
BEGIN
what:=' диалог? (Yes) '? question;
IF mode=yes
THEN
BOTO 1
ELSE
BEGIN
jdac:=idac; writedac; ndac:=jdac+sdac; BOTO 2
END
END.

```

(PTS.PAS - Procedures Thermostat Spectroscopy)

(\$E+)

```

PROCEDURE writedac; ( Запись ЦАП )
BEGIN

```

```

($C BIT #redy, rsc
BEQ -6 )
rdc:=jdac; seth:=ROUND(jdac*Ct);
write(chr(8),chr(8),chr(8),seth:3)
END;

```

```

PROCEDURE waiting; ( Подготовка и ожидание прерывания )
VAR ftime: origin 100B, fsaveloc,
stimer: origin 102B, ssaveloc: INTEGER;

```

```

BEGIN
fsaveloc:=ftime; ssaveloc:=stimer;
($C MOV #service, ^0100
1$: TST cstep(R5)
BNE 1$ )
cstep:=nstep; ftime:=fsaveloc; stimer:=ssaveloc
END;

```

```

PROCEDURE service; ( Обработка прерывания )
BEGIN

```

```

IF (thrate<=10) AND (jdac<ndac)
THEN
BEGIN
sctime:=sctime-1;
IF sctime<=0
THEN BEGIN sctime:=ticperbit; jdac:=jdac+1; writedac; END

```

```

END
ELSE ctime:=ctime-1;
cdtime:=cdtime-1;
IF cdtime=0

```

```

THEN (tsservice);
IF ctime<=0

```

```

THEN
BEGIN
jdac:=ndac; ndac:=jdac+sdac; cstep:=cstep-1;
ctime:=stime; cdtime:=dtime; writedac
END;

```

```

($C RTT )
END;

```

```

PROCEDURE question; ( Запись вопроса )
BEGIN

```

```

write(' повторить ',what,'-'):8); readln, read(mode)
END;

```

```

PROCEDURE pointer; ( Запись стрелки )
BEGIN

```

```

write('-'):5)
END;

```

Авторы благодарны сотрудникам ЛВЭ ОИЯИ В.И.Дацкову, И.Величкову, В.М.Дробину и коллективу Лаборатории физики полупроводников НИИФ ТашГУ за полезные обсуждения.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Берман Л.С., Лебедев А.А. *Емкостная спектроскопия глубоких центров в полупроводниках*. Л.: Наука, 1981.
2. Антюхов В.А. и др. *ОИЯИ, 10-81-755, Дубна, 1981.*
3. Антюхов В.А. и др. *ОИЯИ, 10-83-900, Дубна, 1983.*
4. Антюхов В.А. и др. *ОИЯИ, 10-82-844, Дубна, 1982.*
5. *Интегральные схемы. Справочник (под ред. Б.В.Тарабрина)*. М.: Энергоиздат, 1985, с.465.
6. *Аналоговые и цифровые микросхемы (под ред. С.В.Якубовского)*. М.: Радио и связь, 1985, с.348.
7. Вепшек Я. *Измерение низких температур электрическими методами*. М.: Энергия, 1980, с.88.
8. Безверхняя Н.С. и др. – ПТЭ, 1976, №5, с.278.
9. Абдурахманов К.П. и др. – ПТЭ, 1982, №1, с.240.
10. Чиркин В.С. *Теплопроводность промышленных материалов*. М.: Машгиз, 1957, с.111.
11. Шило В.Л. *Линейные интегральные схемы*. М.: Советское радио, 1979, с.170.
12. Хоровиц П., Хилл У. *Искусство схемотехники*. М.: Мир, 1984, т.1, с.451.
13. Мазон С., Циммерман Г. *Электронные цепи, сигналы и системы*. М.: Изд-во иностранной литературы, 1963, с.125.
14. Певчев Ю.Ф., Финогенов К.Г. *Автоматизация физического эксперимента*. М.: Энергоатомиздат, 1986.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 декабря 1987 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Абдурахманов К.П. и др.

P10-87-893

Микротермостат с управлением от компьютера

Описывается система термостатирования с рабочим объемом  $0,2 \text{ см}^3$ , обеспечивающая как установку требуемого значения температуры испытуемого образца в диапазоне  $77,32...341 \text{ K}$ , так и ее ступенчатое изменение с заданной скоростью. Подробно обсуждаются схема управления микротермостатом и программное обеспечение. Приводятся результаты экспериментальных исследований.

Работа выполнена в Общеинститутском научно-методическом отделении ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Abdurachmanov K.P. et al.

P10-87-893

Microthermostat with Computer Control

The system of thermostabilization with  $0.2 \text{ cm}^3$  active volume is described. This system provides the initial set of the required temperature of the tested sample in the range  $77,32...347 \text{ K}$  as well as the stepped changing of the temperature with assigned rate. The scheme of microthermostat's control and software are discussed. Results of the experimental research are presented.

The investigation has been performed at the Scientific-Methodical Division, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1987