

А.М. Парамонов, Е.А. Пасинковский, А.В. Коваль

### ТЕРМОСТАТ Т-106.5

*Институт прикладной физики АН РМ,  
ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова*

В Институте прикладной физики Академии наук Республики Молдова (ИПФ АН РМ) разработан, изготовлен и апробирован термостат Т-106.5 (далее просто термостат). Он предназначен для лабораторных работ, требующих поддержания температуры контрольных порций исследуемого материала с точностью  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Диапазон рабочих температур  $+60 \dots +120^{\circ}\text{C}$ . Исследуемый материал помещается в пробирки, которые устанавливаются в отверстия съемной вращающейся каретки.

Условия эксплуатации: температура в лаборатории от 291 до 303 К ( $+18 \dots +30^{\circ}\text{C}$ ); относительная влажность до 80% при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ ; напряжение сети переменного тока ( $220 \pm 22$ ) В, частота 50 Гц.

Область применения и температурные рамки стабилизации могут быть изменены по согласованию с производителем.

#### **Основные параметры и характеристики**

Номинальная потребляемая мощность не более 160 Вт.

Мощность, потребляемая в установившемся режиме, не более 90 Вт.

Рабочая температура термостата  $+60 \dots +120^{\circ}\text{C}$ .

Точность поддержания температуры  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

Частота вращения каретки 6–8 об/мин.

Термостат снабжен системой аварийного отключения питания при превышении температуры  $+125 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Время нагрева термостата до  $+110^{\circ}\text{C}$  порядка 50 мин с момента включения.

Время восстановления температуры ( $+110^{\circ}\text{C}$ ) после открывания крышки на 1 мин не более 20 мин.

Превышение температуры наружных поверхностей термостата, доступных к прикосновению (кроме крышки), над температурой окружающей среды не более  $+30^{\circ}\text{C}$ .

Габаритные размеры термостата, мм:

диаметр не более 425

высота не более 380

Габаритные размеры рабочего сосуда, мм:

диаметр не более 290

глубина не более 135

Вес термостата не более 15 кг.

Для обеспечения электробезопасности напряжение питания нагревательных элементов снижено до 36 В при помощи понижающего трансформатора.

Исполнение термостата – электровзрывопожаробезопасное, с заземляющим выводом через боковой контакт вилки типа shuko.

Внешний вид термостата показан на рис. 1.

Термостат состоит из внешнего и внутреннего термоизолированных (друг от друга) корпусов цилиндрической формы; нагревательных элементов, которые рассредоточены по внешней поверхности внутреннего корпуса [1].

Верхняя часть термостата снабжена съемной крышкой со шлюзом для экстренного извлечения или загрузки пробирок с исследуемым материалом. Шлюз закрывается термостойкой пробкой. Съемная каретка выполнена из дюрала, имеет 11 отверстий для пробирок и ручку для выемки из тер-

мостата. Внутренний цилиндрический корпус и прилегающая к нему нижняя часть крышки выполнены из нержавеющей стали.

Термостат не содержит и не выделяет токсичных веществ [2].

Двигатель вращения каретки и силовая часть электропитания закреплены снаружи на днище термостата.



Рис. 1. Внешний вид термостата

На лицевой поверхности термостата размещены пульт управления и смотровое окно из двойного термостойкого стекла. Это позволяет, при необходимости, вести оперативный отсчет температуры по термометру, устанавливаемому в одной из пробирок.

На пульте управления расположены: выключатели сети и двигателя (с индикаторными лампами), контрольная лампа отключения нагревателей, потенциометр настройки температуры и электронный индикатор температуры.

Рассмотрим принцип работы термостата.

Блок питания (рис. 2) предназначен для питания безопасным напряжением  $36 \pm 10\%$  В нагревателей Н1 и Н2, питания напряжением 127 В двигателя вращения каретки типа РД-09, а также питания регулятора температуры и электронного термометра.

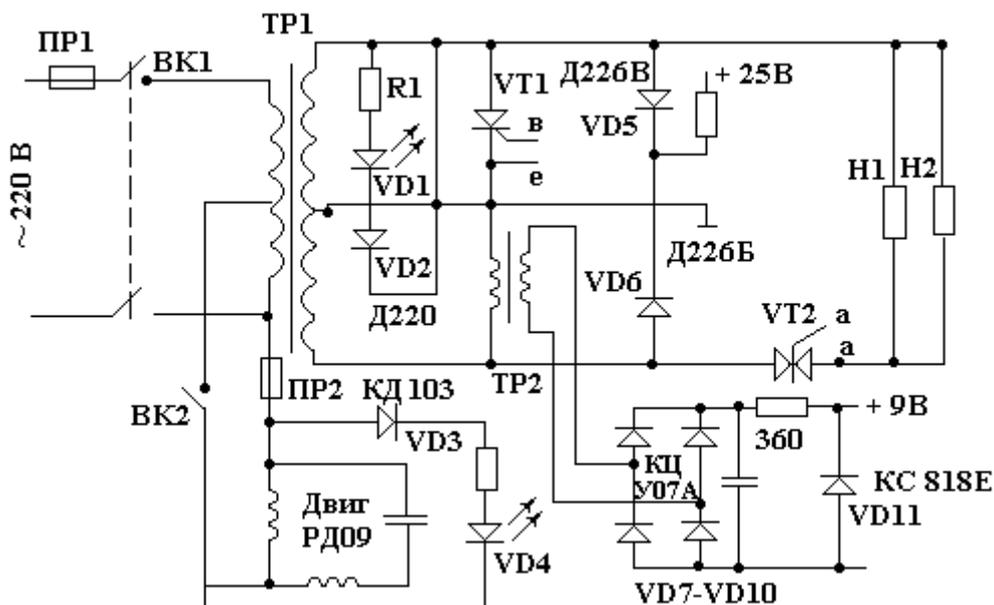


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема блока питания термостата

Блок питания включает в себя силовой трансформатор Тр1, выпрямители VD5 и VD6 для питания регулятора температуры, трансформатор Тр2 и выпрямитель со стабилизатором напряжения для питания электронного термометра.

Блок питания снабжен световым индикатором VD1 включенного состояния термостата, световым индикатором VD4 включенного состояния двигателя каретки, соответствующими предохранителями Пр1 и Пр2, выключателями ВК1 и ВК2.

Система защиты выполнена на силовом тиристоре VT1. Коммутация нагревателя Н1 обеспечивается симистором VT2. Нагреватель Н2 включен постоянно [3, 4].

Регулятор температуры (рис.3) выполнен на компараторе DA1. На один из входов компаратора подано образцовое напряжение, снимаемое с резисторов R5, R6, R8, а на второй вход – напряжение с резистора R3, последовательно включенного в датчик температуры, выполненного на диоде VD3. При снижении сопротивления диода VD3 до уровня, при котором напряжения на входах 2 и 3 компаратора DA1 сравниваются, открывается транзистор VT2, срывающий колебания релаксатора на транзисторе VT3. При этом запуск симистора VT2 (рис. 2), управляющего работой нагревательного элемента Н1 через Tr1, прекращается. Термостат начинает охлаждаться.

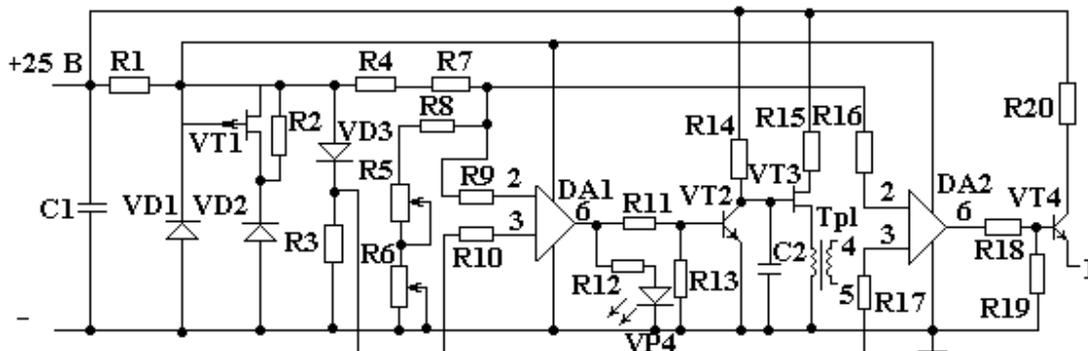


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема регулятора температуры

При нарушении баланса напряжений на входах 2 и 3 транзистор VT2 закрывается, и вновь релаксатор на VT3 через Tr1 запускает симистор VT2 (рис. 2). Нагреватель снова включается. Светодиод VD4 выведен на лицевую панель, и его загорание свидетельствует об отключении нагревателей, что необходимо для настройки температуры потенциометром R5, также выведенным на лицевую панель.

Защита от превышения температуры свыше  $+125 \pm 5^\circ\text{C}$  выполнена на компараторе DA2, который посредством усилителя на VT4 запускает тиристор защиты VT1 (рис.2). Тиристор закорачивает вторичную обмотку Tr1, в результате чего предохранитель Пр1 сгорает [5, 6].

Электронный индикатор температуры (рис. 4) показывает температуру внутри рабочей камеры. Датчик термометра на диоде VD1 питается от источника тока, выполненного на транзисторе VT1. С анода датчика сигнал, линейно зависящий от измеряемой температуры, через фильтр помех R5C1 поступает на вывод 30 входа микросхемы DD1. В качестве источника стабильного напряжения, питающего цепи, определяющие точность термометра, используется разность напряжений между выводами 1 и 32 DD1, которая поддерживается внутренним стабилизатором микросхемы на уровне  $2,8 \pm 0,4$  В. Для уменьшения влияния температурного коэффициента разности этих напряжений на процесс измерения в прибор введен еще один источник тока – на транзисторе VT2. Он питает подстроечные резисторы R3 и R4, служащие для калибровки термометра.

Транзистор VT3 обеспечивает индикацию десятичной точки во втором разряде жидкокристаллического индикатора НГ1. Источником питания схемы является стабилизированный источник постоянного напряжения 9 В [7, 8].

**Методика испытаний.** Термостат проходил испытания при следующих условиях:

1. Рабочей температурой была взята точка в  $106,5^\circ\text{C}$ .
2. В качестве пробирок (10 штук) были использованы макеты из бумаги.
3. В 11-й стеклянной пробирке находился специальный контрольный ртутный термометр от прибора Д'арсонваля (диапазон  $+92,5-117^\circ\text{C}$ , цена деления  $0,5^\circ\text{C}$ ) (далее – просто термометр).
4. Время отсчитывалось по электронному хронометру.

Испытания проходили в три этапа. Показания температуры на всех этапах испытаний снимались по термометру, а темп нагрева контролировался по электронному индикатору температуры. На первом этапе испытаний проверялся выход термостата на рабочий режим (нагрев до  $+(106,5 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ , время  $(45 \pm 5)$  мин). Так как рабочая зона ртутного термометра не позволяла этого сделать, то контроль велся по электронному индикатору. Время между измерениями равнялось 5 мин. На рис. 5 приведен график выхода термостата на рабочий режим.

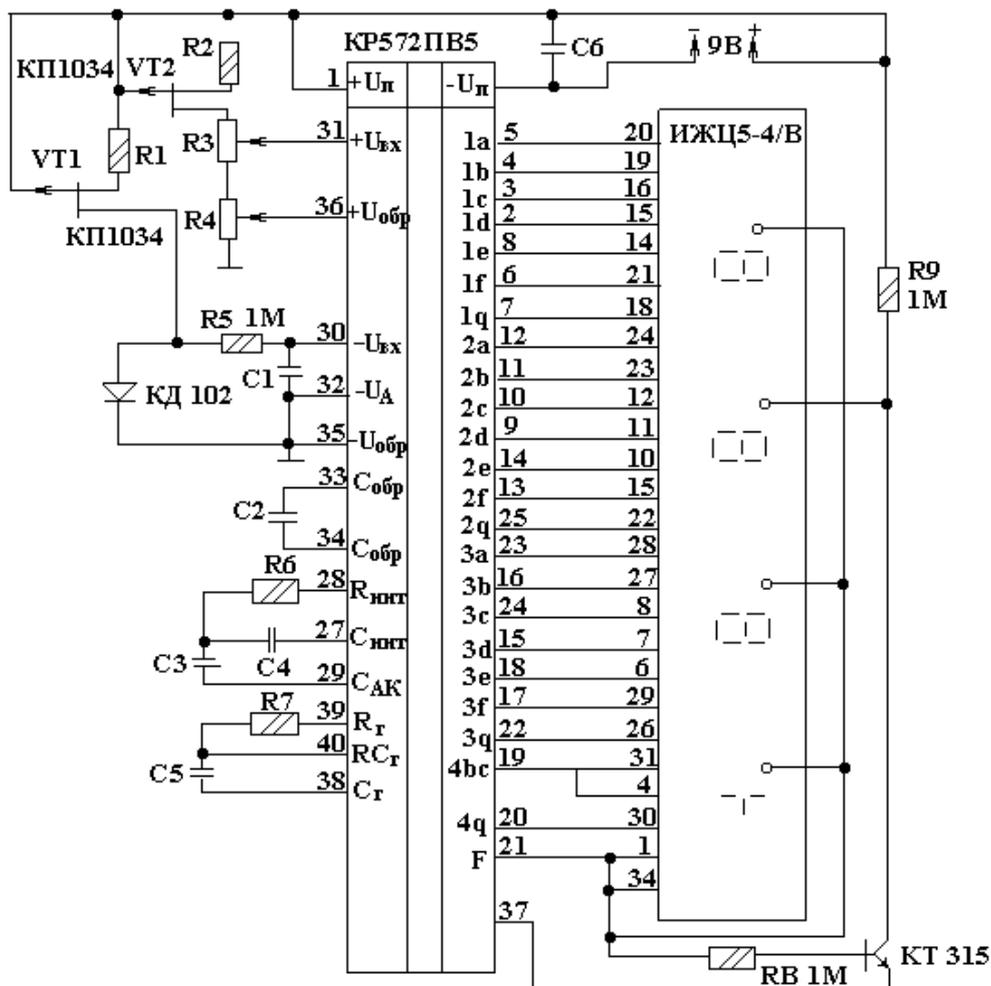


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема электронного индикатора температуры

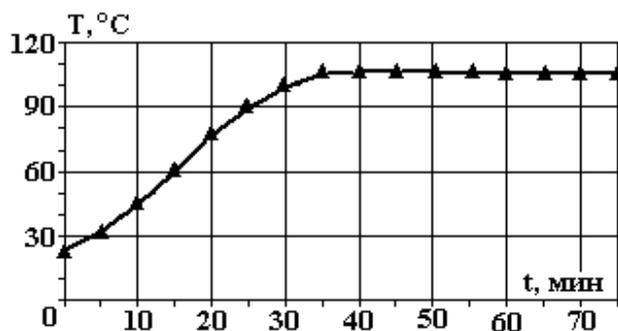


Рис. 5. Выход термостата на рабочий режим

На втором этапе производилась проверка термостата на безотказную работу и сохранение параметров в течение 5 дней по 8 часов. Температура контролировалась каждые 15 мин. График работы термостата представлен на рис. 6. На этом рисунке, как и на рис. 7, обозначены: T1 – показания электронного индикатора температуры; T2 – показания ртутного термометра.

Как видно из графика, показания электронного индикатора температуры и термометра в установившемся режиме хорошо коррелируют между собой. Таким образом, показания температуры в установившемся режиме можно снимать без потери по точности по электронному индикатору [9].

На третьем этапе в один из пяти дней производилось моделирование загрузки-разгрузки термостата пробирками. Для этого через 1 час после включения термостата и выхода его на режим была открыта на 1 минуту крышка термостата.

После ее закрытия через 20 мин термометр восстановился до рабочей точки (рис. 7). Затем через 5 часов моделировалась ситуация разгрузки-загрузки пробирок через шлюз. Для этого в течение 1 минуты была вынута пробка из шлюзового отверстия. Как видно из графика (рис. 7), данная операция вообще не отразилась на поведении термостата.

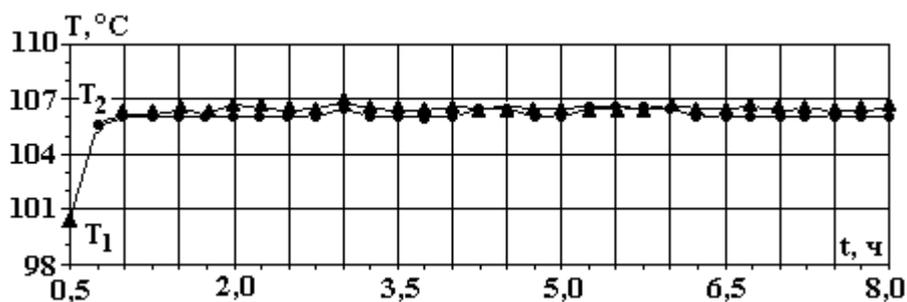


Рис. 6. Поведение термостата в течение 8 часов

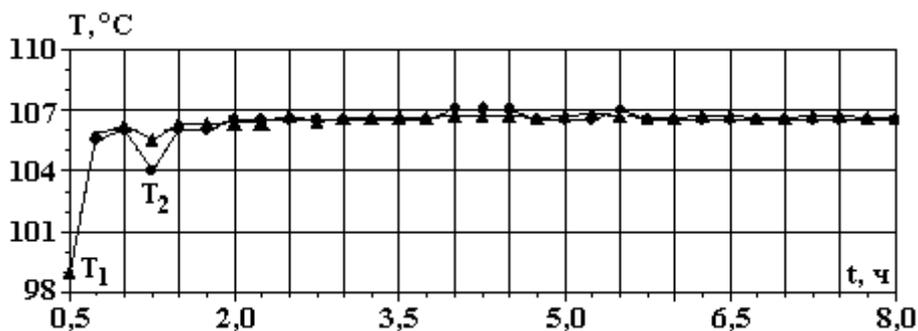


Рис. 7. Работа термостата в течение дня при моделировании процесса загрузки пробирок

Проведенные испытания показали высокую надежность термостата, хорошую повторяемость выхода на установленный режим, хорошую корреляцию между показаниями термометра и электронного индикатора температуры в установившемся режиме, практически отсутствует влияние смены пробирок через шлюзовое отверстие на режим термостатирования.

Установлено также, что внешняя подсветка должна осуществляться только в момент непосредственного наблюдения и отключаться по его завершении, так как ее нахождение во включенном состоянии может повлиять на датчик температуры регулятора (сместить рабочую температуру из-за радиационного облучения).

Кроме того, необходимо чтобы в каретке всегда устанавливались все пробирки. Они играют роль лопастей, которые перемешивают нагретый воздух, и благодаря этому весь объем термостата нагревается равномерно. Отсутствие нескольких пробирок приводит к тому, что может сместиться рабочая точка и нарушиться корреляция между показаниями термометра и электронного индикатора температуры. Поэтому если в процессе работы из термостата вынимаются пробирки, то на их место необходимо поставить пустые. Допустимо отсутствие максимум одной пробирки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцев И.Ф., Карасенко В.А. Электрический нагрев и электротехнология. М., 1975.
2. Лахшин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение. М., 1980.
3. Додик С. Д. Источники вторичного электропитания. М., 1983.
4. Найвельт Г.С., Мазель К.Б., Хусаинов Ч.И. и др. Источники питания РЭА: Справочник. М., 1986.
5. Гутников В. И. Интегральная электроника в измерительных устройствах. М., 1988.
6. Галамага В.Н., Георгиу В.Г. Практическая электроника. М., 1989.
7. Цибин В. Цифровой термометр // Радио. 1996. № 10. С. 40–41.
8. Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. М., 1990.
9. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. М., 1953.

Поступила 11.03.05

## Summary

The designed thermostat is described. The principle of its work and description of its design, electronic circuits and their description, procedure of trials of the thermostat and diagrams of its work are given.