

УДК 621.791

*Булавин Л.А., Актан О.Ю., Николаенко Т.Ю., Шейко Н.Л.*

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко. Украина, Киев

## КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УСТАНОВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РАСПЛАВА ПОЛИМЕРА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЕГО РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

### *Анотація*

*Розроблено та впроваджено конструкцію системи встановлення та контролю температури розплаву полімеру при дослідженні його реологічних властивостей за допомогою експериментальної установки на основі крутильного маятника. Контроль температури розплаву здійснюється за допомогою термомпари, розміщеної в його об'ємі. Основою системи є модуль АЦП, призначений для вимірювання термо-е.р.с. термомпари та автоматизованого уведення цих результатів в ПЕОМ.*

### *Abstract*

*The design of the polymer melt temperature-setting and controlling system for rheological investigation with the torsion pendulum-based experimental setup was developed and embedded. Temperature measurements are implemented using a thermocouple, placed inside the melt volume. The proposed system is based on the ADC module, designed for direct thermoelectric voltage measurement and sending its value to a PC.*

### **Введение**

Непрерывное измерение реологических характеристик расплавов полимеров в процессе их кристаллизации может служить источником информации о кинетике кристаллизации [1]. Необходимым условием для исследования процессов кристаллизации является установление и контроль температуры образца. В связи с этим, система установления и контроля температуры расплава является одной из важных составных частей экспериментальных установок для проведения реологических экспериментов, построенных, в основном, на основе крутильного маятника [2, 3], а компьютеризация процесса установления контроля температурного режима — актуальной проблемой для повышения оперативности и точности проведения экспериментов.

### **Средства измерения температуры полимерных расплавов**

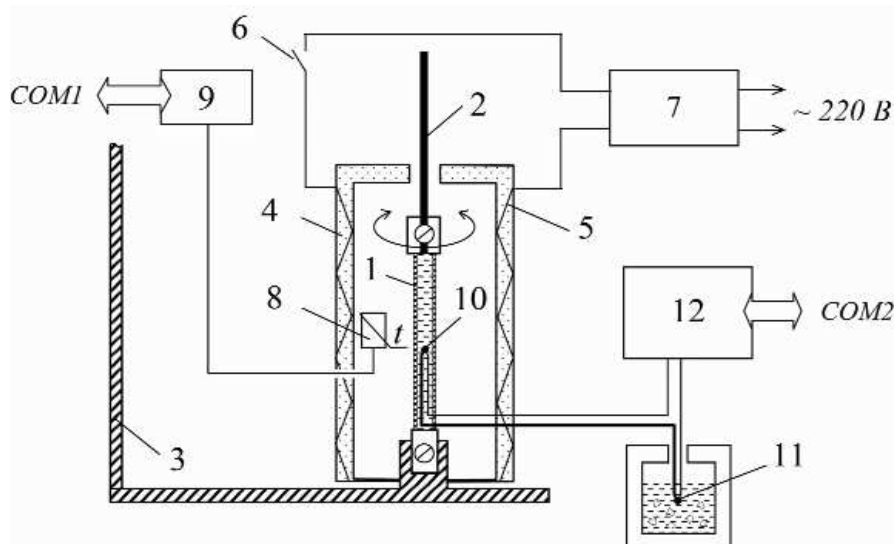
С появлением современной элементной базы широкое применение в системах терморегулирования нашли однокристалльные датчики температуры с цифровым выходом [4, 5]. Однако,

несмотря на множественные преимущества, габариты однокристалльных датчиков не позволяют размещать их непосредственно в исследуемом объеме расплава, если последний достаточно мал (как, например, в установке [2]). Кроме того, верхний температурный предел таких датчиков составляет около  $150^{\circ}\text{C}$ , что может быть ниже необходимой температуры. В связи с этим в качестве датчиков температуры расплавов при проведении реологических экспериментов целесообразнее применение термопар. Малость их термо-э.д.с. (порядка  $40 \text{ мкВ}/^{\circ}\text{C}$  [6]) требует применения чувствительных микровольтметров. Такие цифровые микровольтметры в известных работах, например [7], составляют, как правило, из отдельных микросхем усилителя и аналого-цифрового преобразователя (АЦП), что усложняет электрическую схему и повышает требования к стабильности отдельных узлов.

В предлагаемой системе для измерения температуры расплава используется термопара, а значение ее термо-э.д.с. измеряется и оцифровывается при помощи АЦП, построенного на базе одной специализированной микросхемы, содержащей встроенный инструментальный усилитель, что позволяет упростить конструкцию системы установления и контроля температуры расплава полимера.

### Конструкция и работа предложенной компьютеризированной системы установления и контроля температуры расплава

Блок-схема предлагаемой системы установления и контроля температуры расплава полимера



**Рис. 1.** Блок-схема системы установления и измерения температуры образца: 1 – исследуемый образец (эластичная трубка с расплавом); 2 – стержень крутильного маятника; 3 – станина экспериментальной установки; 4 – теплоизоляционный кожух; 5 – электрический нагреватель; 6 – выключатель; 7 – лабораторный автотрансформатор; 8 – цифровой датчик DS18B20; 9 – схема согласования; 10 – термопара; 11 – нуль-термопара в сосуде со смесью воды и льда; 12 – аналогово-цифровой преобразователь

(образца), разработанной применительно к использованию в экспериментальной установке [2], приведена на рис. 1. Эта система состоит из двух подсистем:

- подсистемы установления температуры (теплоизоляционная камера 4 с электронагревателем 5 и датчиком температуры воздуха 8),
- подсистемы контроля температуры расплава (термопары 10 и 11 и аналогово-цифровой преобразователь 12).

Для проведения реологических исследований процесса кристаллизации расплава исследуемый образец 1 в кристаллическом состоянии помещается в термостат, образованный изоляционным кожухом 4, внутренняя поверхность которого снабжена нагревателем 5. Выключателем 6 включают нагреватель 5 и расплавляют образец 1, доводя его температуру до температуры, несколько превышающей температуру плавления. Контроль процесса нагревания осуществляют с помощью цифрового однокристалльного термометра 8 типа DS18B20 [8] фирмы Dallas Semiconductor, подключенным с помощью схемы согласования 9 [9] к порту COM1 ПЭВМ, на экран которой выводится измеренное значение температуры. После расплавления образца нагреватель 5 выключают и, благодаря процессам теплоотдачи в окружающую среду, расплав постепенно охлаждается; через определенное время начнется процесс его кристаллизации. Одновременно с отключением нагревателя начинают через заданные интервалы времени измерять реологические характеристики расплава.

Питание нагревателя 5 осуществляется от лабораторного автотрансформатора (ЛАТР) 7, подключенного к сети 220 В.

Поскольку температура воздуха в термостате и температура расплава могут существенно отличаться, то в предлагаемой системе для контроля температуры расплава используется независимый датчик – медь-константановая термопара 10. Для получения надежных данных о температуре исследуемого объекта она размещается непосредственно в объеме расплава (именно для этого в качестве первичного датчика и выбрана термопара). Термопара включена по дифференциальной схеме (исполь-

зается нуль-термопара 11, помещенная в сосуд со смесью воды и льда), а значение ее термо-э.д.с. измеряется с помощью специально разработанного АЦП 12, который передает измеренные значения на ПЭВМ.

### Особенности построения и работы АЦП

Аналогово-цифровой преобразователь 12 (рис. 2) построен на базе специализированной микросхемы AD7792 [10] фирмы AnalogDevices, которая содержит в себе 16-разрядный  $\Sigma\Delta$ -АЦП, источник опорного напряжения 1,17 В ( $\pm 0,01\%$ ) и инструментальный усилитель с коэффициентом усиления 128. Наличие последнего является существенным преимуществом этой микросхемы, ведь термопары характеризуются малыми значениями выходных сигналов (термо-э.д.с. порядка 40 мкВ/°С [6]). В зависимости от режима работы (устанавливается программно, как описано ниже) допустимые границы входных сигналов АЦП составляют от  $-4,57$  мВ до  $+4,57$  мВ (что соответствует приблизительно  $-110^\circ\text{C}$  ÷  $+110^\circ\text{C}$ ), или от 0 до 9,1 мВ (или  $0^\circ\text{C}$  ÷  $+220^\circ\text{C}$ ).

Резисторы R1 и R2 (рис. 2) образуют делитель напряжения, который устанавливает на выводе AIN1+ микросхемы АЦП напряжение смещения (около +1 В), необходимое для правильной работы микросхемы.

Управление работой АЦП AD7792 осуществляется по цифровому интерфейсу [10]. Задачу

формирования соответствующих сигналов решает микроконтроллер PIC16F630 [11], работа которого управляется специально разработанной программой. В функции микроконтроллера входит также и передача измеренного значения термо-э.д.с. на ПЭВМ. Для этого используется протокол RS-232 (выводы PC\_in, PC\_out, GND на рис. 2 присоединяются, соответственно, к выводам 2, 3 и 5 разъема DB9M COM-порта ПЭВМ). При этом для согласования низковольтных уровней сигнала микроконтроллера и уровней COM-порта ПЭВМ используется микросхема DD2 типа MAX232CPE [12].

Программное обеспечение ПЭВМ пересчитывает полученное значение термо-э.д.с. в значение температуры образца на основании предварительно введенных калибровочных таблиц используемых термопар. Абсолютная погрешность измерения температуры с помощью предлагаемого модуля АЦП не превышает  $0,5^\circ\text{C}$ .

Внешний вид разработанного и изготовленного модуля АЦП приведен на рис. 3.

### Выводы

Таким образом, в настоящей работе предложено несложную в реализации и удобную в работе компьютеризированную систему установления и контроля температуры расплава полимера в процессе проведения реологических экспериментов с помощью установки на базе крутильного маятника.

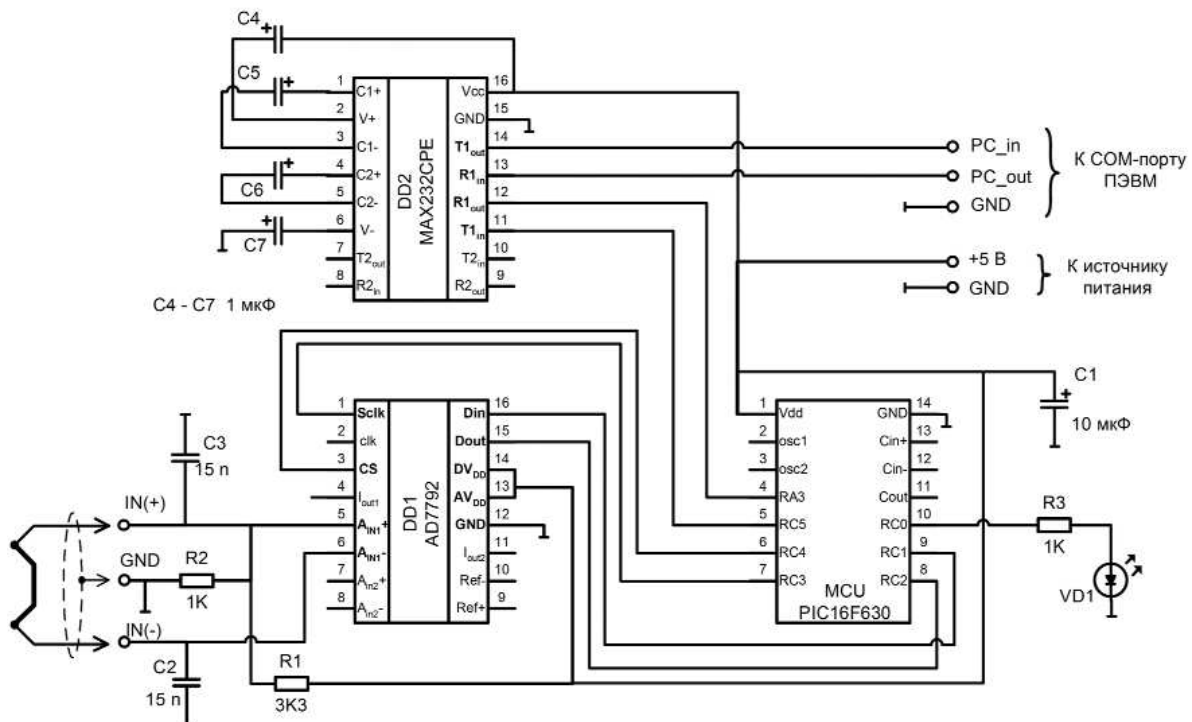


Рис. 2. Электрическая схема модуля АЦП (контакты IN(+) и IN(-) предназначены для подключения термопар)

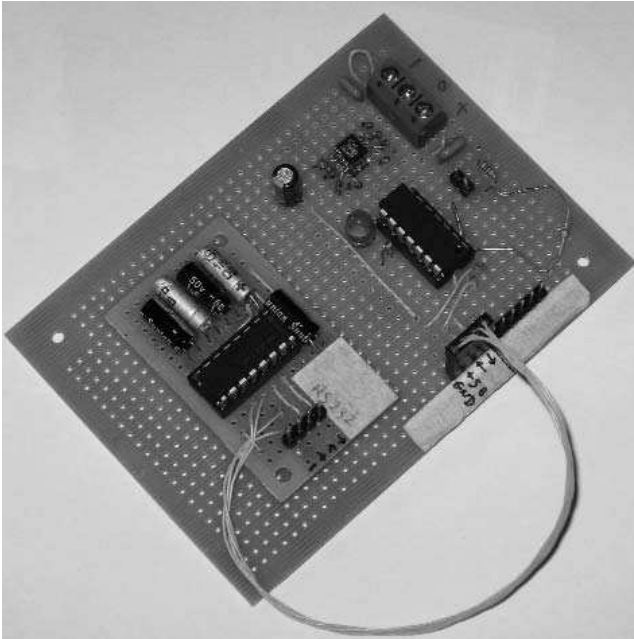


Рис. 3. Внешний вид разработанного модуля АЦП

Основу системы составляет модуль аналогово-цифрового преобразователя, построенного на базе специализированной микросхемы AD7792, предназначенный для измерения термо-э.д.с. и автоматизированного введения результатов в ПЭВМ.

Разработано соответствующее программное обеспечение для управления работой микроконтроллера модуля АЦП и расчета значения температуры по измеренному значению термо-э.д.с.

#### Литература

1. *Khanna Y.P.* Rheological Mechanism and Overview of Nucleated Crystallization Kinetics // *Macromolecules*, 1993. — vol. 26. — p. 3639 — 3643.
2. *Патент* на винахід №78094, Україна, МПК(2007) G01N11/16 (2007.01), G01N11/10. Спосіб визначення реологічних характеристик консистентних рідин: Пат. №78094 Україна, МПК(2007) G01N11/16 (2007.01) G01N11/10 Київський національний університет імені Тараса Шевченка; / Л.А. Булавін, Ю.Ф. Забашта, О.Ю. Актан, Т.Ю. Ніколаєнко. — u200502350; Заявл. 15.03.2005; Опубл. 15.02.2007, Бюл. № 2. — 5 с.

3. *Aktan O. Yu., Svechnikova O. S., Nikolaenko T. Yu.* The method of material shear elasticity determination in the course of its solidification // *Functional materials*. — 2007. — V.14, №1. — p. 146—148.

4. *В.К. Гусельников, А.А. Шуба, А.Ю. Сабанаева* и др. Цифровой термометр // *Вісник національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"* / *Збірник наукових праць, тематичний випуск: Автоматика та приладобудування*. — Харків: НТУ "ХПІ", 2006. — № 31. — С. 30—33.

5. *В.Е. Козум, Ю.В. Байдак.* Устройство мультимедийного мониторинга температуры. // *Сучасні проблеми холодильної техніки і технології* / *Збірник наукових праць міжнародної науково-технічної конференції, Одеса, 19—21 вересня 2007 року*. Одеса. Видавництво ОДАХ, 2007. — С. 67—68.

6. *Температурные измерения: Справочник* / *Герасенко О.А., Гордов А.Н., Еремина А.К. и др.* — Киев: Наукова думка, 1989. — 704 с.

7. *Ю.В. Мартышевский.* Система сбора информации с интерфейсом MicroLAN. // *Приборы и техника эксперимента*, 2007. — №2. — С. 154—155.

8. *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer*. / *Dallas Semiconductor*, 2002. — Режим доступа:

<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>

9. *Ридико Л. И.* Компьютерный термометр на основе DS18S20. — Режим доступа до статті: [http://www.3dnews.ru/cooling/thermometer\\_ds18s20/](http://www.3dnews.ru/cooling/thermometer_ds18s20/)

10. *3-Channel, Low Noise, Low Power, 16-/24-Bit  $\Sigma$ - $\Delta$  ADC with On-Chip In-Amp and Reference*. / *Analog Devices*, 2004 — Режим доступа: [http://www.analog.com/UploadedFiles/Data\\_Sheets/AD7792\\_7793.pdf](http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/AD7792_7793.pdf)

11. *PIC16F630/676 Data Sheet. 14-Pin FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers* / *Microchip Technology Inc.*, 2003. — Режим доступа: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40039E.pdf>

12. *MAX220-MAX249: +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers*. / *Maxim Integrated Products, Inc.*, 2006 — Режим доступа: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>