

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**

**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ И**  
**ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

# **ФИЗИКА ПОЛИМЕРОВ**

*Методические указания  
к лабораторным работам*

Волгоград 2011

УДК 541.18 (076.5)

Рецензент: к.т.н., доц. Петрюк И.П.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Волгоградского государственного технического университета.

**Физика полимеров:** методические указания к лабораторным работам / Сост. В.А.Козловцев, В.Д.Васильева / Волгоград. гос. тех. ун-т. Волгоград, 2011. – 20 с.

Методические указания к лабораторному практикуму содержат описание работ посвященных основным методам исследования по физикохимии и физике полимеров и являются практическим руководством для выполнения лабораторных работ при изучении дисциплины «Физика полимеров».

Предназначены для студентов направления 240100 «Химическая технология», обучающихся по профилю «Технология и переработка полимеров».

Ил. 5. Табл. 4. Библиогр.: 8 назв.

© Волгоградский государственный  
технический университет 2011  
© В.А.Козловцев, В.Д. Васильева 2011

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Физика полимеров» является одной из основных дисциплин, необходимых инженерам для освоения профессиональной образовательной программы по направлению 240100 «Химическая технология» (по профилю «Технология и переработка полимеров»), и закладывает основы знаний в области получения и переработки полимерных материалов.

Целью курса является приобретение студентами знаний о взаимосвязи химической структуры и физических свойств высокомолекулярных соединений, возможности получения полимерных материалов и изделий из них с комплексом свойств, обусловленных видом синтезируемых полимеров и условиями их переработки.

Основная цель лабораторных занятий по курсу – углубленное изучение научно-теоретических основ предмета и овладение современными методами, навыками экспериментального исследования физико-механических свойств полимеров с применением современной аппаратуры и приборов.

При выполнении лабораторных работ студентам следует придерживаться следующих правил.

Перед выполнением лабораторной работы студент обязан самостоятельно проработать соответствующий теоретический материал, используя конспекты лекций, основную и дополнительную литературу, рекомендованную преподавателем. Студенты, не подготовленные к выполнению лабораторных работ, к занятиям не допускаются. Проверка готовности студентов проводится преподавателем перед проведением лабораторных работ путем контрольного опроса.

По окончании выполнения лабораторной работы студенты тщательно убирают свое рабочее место и сдают его преподавателю или лаборанту.

Отчет по выполненной лабораторной работе оформляется на листах формата А4. Отчет должен содержать: *наименование, цель работы, задание, перечень применяемых материалов и оборудования, краткое содержание и результаты в виде таблиц, графиков и расчетов.*

Выполненные и оформленные лабораторные работы студенты отчитывают преподавателю на отчетном занятии в конце семестра. При подготовке к отчету следует использовать теоретический материал, контрольные вопросы и список рекомендуемой литературы, представленные в данных методических указаниях. После успешного отчета по всем лабораторным работам студент допускается к сдаче экзамена по всему курсу.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### **АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРОВ**

*(квантовомеханические расчеты в программе Hyper Chem)*

**Цель работы:** ознакомление и отработка навыков построения и анализа молекул органических соединений с использованием программы Hyper Chem, позволяющей проводить квантово-химическое и молекулярно-динамическое моделирование с целью изучения структуры и свойств элементарных форм углерода, а также свойств олигомерных и полимерных объектов.

#### **Задание:**

отработать навыки построения звеньев молекул ряда полимеров (по заданию преподавателя);

определить их оптимизированные геометрические и энергетические параметры:

установить заряды атомов в молекуле;

измерить длину связей между атомами конкретного типа и гибридизации;

определить торсионные углы;

измерить расстояния между двумя несвязанными атомами;

определить теплоту образования, энтропию и теплоемкость молекулы;

определить первые потенциалы ионизации и сродство к электрону

рассчитать колебательные спектры олигомеров.

#### **Оборудование:**

ЭВМ с установленной программой HyperChem v.8.03\*.

#### **Методика проведения эксперимента и обработка результатов**

Пользуясь руководством по работе с программным продуктом Hyper Chem 8.03, выполнить построения и задачи, указанные в задании. Результаты расчетов представить в виде таблицы и рассчитанного спектра.

---

\* Бесплатную демонстрационную версию этой программы можно получить на сайте корпорации Hypercube (<http://www.hyper.com/>). Весьма полезную, интересную и более доступную информацию, касающуюся версий программы, имеющих хождение в нашей стране можно также получить и по адресу [www.prognauka.narod.ru](http://www.prognauka.narod.ru).

## Контрольные вопросы

1. В каких единицах оценивается величина заряда, расстояния между атомами в молекуле вещества, потенциалы ионизации, сродство к электрону?
2. Как установить величину торсионного угла?
3. Как установить частоту колебания определенной связи?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР СТЕКЛОВАНИЯ И ТЕКУЧЕСТИ ПОЛИМЕРОВ (термомеханический метод)**

**Цель работы:** определение температурных параметров переработки и эксплуатации полимерных материалов.

**Задание:**

построить термомеханические кривые полимера при трех различных нагрузках;

определить температуры стеклования и текучести полимера.

**Материалы:**

образцы термопластичных полимеров в виде таблеток.

**Оборудование:**

прибор для термомеханических испытаний.

### **Методика проведения эксперимента и обработка результатов**

Образец полимера в виде таблетки помещают в обогреваемую форму и приводят в соприкосновение с ним шток прибора, связанный с плунжем индикатора. На верхнюю площадку индикатора помещают требуемый груз в виде гири и устанавливают шкалу индикатора на нулевую отметку. Нагревательный столик включают в сеть через устройство, обеспечивающее линейный подъем температуры, и через определенные промежутки времени (0,5-2 мин.) отмечают значения температуры, измеряемой термопарой (регистрируемой потенциометром), и величину деформации полимера по шкале индикатора.

Опыт повторяют при двух других нагрузках, и полученные данные представляют в виде графической зависимости «деформация – температура» для каждой из трех нагрузок (50 г, 100 г, 150 г). Термомеханические кривые аморфных линейных полимеров высокой молекулярной массы

имеют три участка, соответствующие трем физическим состояниям: стеклообразному, высокоэластическому и вязкотекучему. Проводят анализ полученных при различных нагрузках термомеханических кривых, определяют области перехода из одного физического состояния в другое и путем соответствующих построений находят значения температур стеклования и текучести ( $T_{c50}$ ,  $T_{T50}$ ,  $T_{c100}$ ,  $T_{T100}$ ,  $T_{c150}$ ,  $T_{T150}$ ).

Далее строят график зависимости «температура – нагрузка». Экстраполяцией прямой до нулевой нагрузки получают значения температур стеклования ( $T_c$ ) и текучести ( $T_T$ ) полимера.

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные методы исследования структуры полимеров.
2. В чем сущность термомеханического метода исследования полимеров?
3. Назовите физические состояния аморфных линейных полимеров. Дайте их краткую характеристику.
4. Назовите фазовые состояния полимеров. Дайте краткую характеристику.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### *ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ХРУПКОСТИ ПОЛИМЕРА*

**Цель работы:** определение температурных параметров переработки и эксплуатации полимерных материалов.

**Задание:**

приготовить образцы полимеров для испытаний (5-10 образцов одинакового размера);

провести испытания образцов полимеров в соответствии с ГОСТ 7912-56 и определить температуру хрупкости полимера.

**Материалы:**

образцы полимеров в виде пластин длиной 25 мм шириной 6,5 мм, толщиной 2 мм;

лед колотый водный или снег;

соль (хлористый натрий).

**Оборудование:**

прибор для определения температуры хрупкости полимеров (рис. 1);

термометр со шкалой от  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Методика проведения эксперимента и обработка результатов

Температуру хрупкости определяют посредством изгиба охлажденного образца, один конец которого закреплен, а к свободному концу прилагается ударная нагрузка. За температуру хрупкости  $T_{\text{хр}}$  принимается наивысшая температура, при которой под воздействием ударника на образце образуется видимая невооруженным глазом трещина или образец ломается.

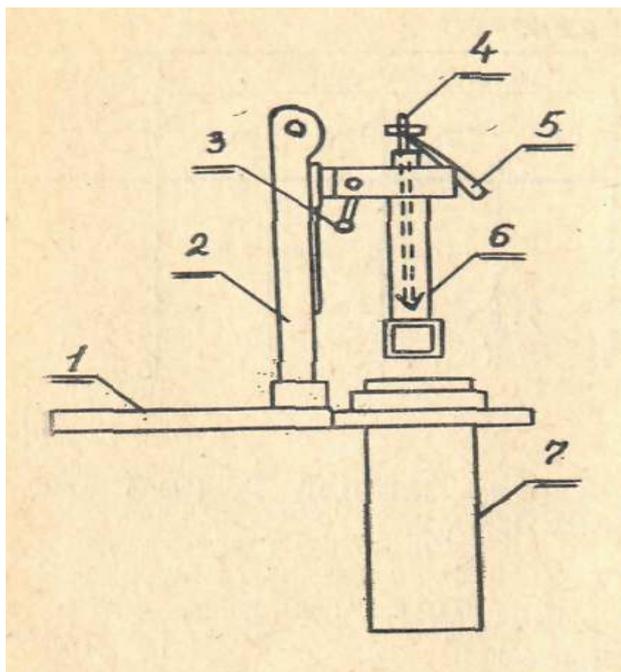


Рис. 1. Схема прибора для определения температуры хрупкости полимеров и резин: 1- основание, 2- стойка, 3 - рукоятка, 4- ударный механизм, 5 - защелка, 6 - трубка с опорой, 7 - термососуд.

Перед проведением испытаний готовят охлаждающую смесь (лед и соль в соотношении 3:1 по массе) и заполняют ею термососуд 7 (см. рис. 1).

Образец полимера закрепляют одним концом в зажиме, второй конец должен находиться над серединой отверстия. При помощи рукоятки 3 взводят боек прибора, при этом рукоятку следует вернуть в нижнее положение.

Подвижную часть прибора с образцом опускают в термососуд. Устанавливают термометр для измерения температуры образца. Для охлаждения образца до необходимой температуры ожидают 5-7 минут.

Производят испытание образца, для чего освобождают боек прибора нажатием на защелку 5. Поднимают трубку с образцом и осматривают образец. При видимых разрушениях образца повторяют испытание, увеличи-

вая температуру образца на 1-2 °С.

Серией последовательных опытов определяют наивысшую температуру, при которой образец разрушается или на нем появляются трещины. После окончания испытаний охлаждающую смесь из сосуда удаляют и сосуд протирают насухо.

Результаты испытаний сводят в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты испытаний

Показатели	Образец								
	1	2	3	4	5	6	7	8	...
Температура испытания, °С									
Характер разрушения									
Температура хрупкости, °С									

### Контрольные вопросы

1. Что характеризует температура хрупкости полимеров?
2. В чем состоит сущность метода определения температуры хрупкости?
3. Как влияет скорость деформации на температуру хрупкости полимеров?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### ***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ***

**Цель работы:** исследование поведения полимеров при механическом статическом воздействии.

**Задание:**

приготовить образцы полимера для испытания на разрыв в соответствии с ГОСТ 11262-76;

провести испытания образцов на разрывной машине;

построить кривые растяжения в координатах «нагрузка – удлинение»;

рассчитать прочностные и деформационные характеристики полимера.

**Материалы:**

пластины полимерного материала.

**Оборудование:**

микрометр;

вырубной пресс;

разрывная машина РМУ-0,05-1.

**Методика проведения эксперимента и обработка результатов**

Образцы вырубают на вырубном прессе с помощью штанцевого ножа из полимерных пластин толщиной 1-2 мм. Образцы представляют собой двухсторонние лопатки (рис. 2), на которых наносят метки рабочего участка С - С<sub>1</sub> и наружные метки А - А<sub>1</sub>.

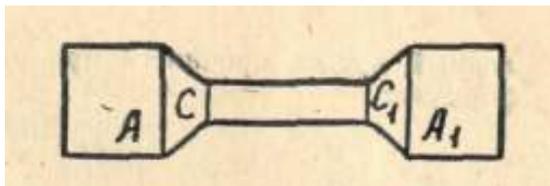


Рис. 2. Образец для испытаний

Длина рабочего участка стандартной лопатки (С - С<sub>1</sub>) равна 25 мм, длина участка (А - А<sub>1</sub>) равна 50 мм. Ширина рабочего участка образца-лопатки соответствует ширине вырубного ножа и может быть равной 6,5 мм. Толщину образцов измеряют микрометром с точностью до 0,01 мм. Толщина рабочего участка образца может колебаться в пределах 0,1 мм. Образцы не должны иметь дефектов.

Машина РМУ-0,05-1 относится к типу разрывных машин с постоянной скоростью деформации и электронным силоизмерителем (рис. 3). Привод электромеханический с плавным регулированием скорости. Образец зажимается в захватах (5 и 6), ходовой винт привода вместе с нижним захватом перемещается вниз, растягивая образец и передавая усилие на торсион силоизмерительного устройства. Шкала нагрузок 7 фиксирует нагрузку, с которой в данный момент растягивается образец.

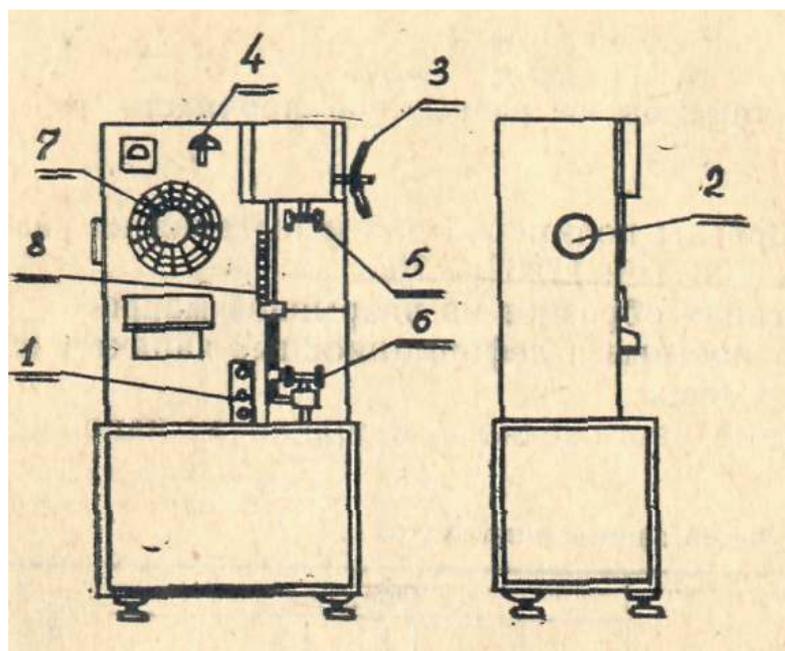


Рис. 3. Разрывная машина РМУ-0,05-1:

1 – тумблер, 2 – регулятор скорости нижнего зажима, 3 – арретир, 4 – переключатель пределов измерения нагрузки, 5 – верхний захват, 6 – нижний захват, 7 – шкала нагрузок, 8 – шкала удлинений.

Перед проведением испытаний силоизмеритель 4 устанавливают на выбранный предел измерения нагрузки. Нижний захват 6 устанавливают на нужную рабочую длину образца с помощью верхнего конечного микропереключателя и фиксирующих отверстий в хвостовике захвата. Тумблер 1 ставят в нулевое положение, включают машину и регулятором 2 устанавливают нужную скорость рабочего хода нижнего захвата.

Образец полимерного материала закрепляют в верхнем 5 и нижнем 6 захватах строго по меткам А – А<sub>1</sub>. Шкалу нагрузок 7 и шкалу деформаций 8 устанавливают на нуль.

Включают машину кнопкой «вниз» и фиксируют значения нагрузки по шкале 7 и удлинения образца по шкале 8 для последующего построения графика зависимости «нагрузка-удлинение». После разрыва образца нажатием кнопки «стоп» быстро выключают мотор. Образец удаляют из захватов. Нижний захват кнопкой «быстро вверх» возвращают в исходное положение.

Через 1 минуту после разрыва образца его части помещают на ровную поверхность стола, складывают точно по месту разрыва и измеряют расстояние между метками с точностью до 0,5 мм. Далее по экспериментальным данным строят график зависимости «нагрузка-удлинение», с помощью которого рассчитывают деформационные и прочностные характеристики полимера.

Относительное удлинение при разрыве вычисляют по формуле:

$$\varepsilon_p = \frac{l_p - l_0}{l_0} \cdot 100 \%,$$

где  $l_p$  и  $l_0$  - длина рабочего участка в момент разрыва и первоначальная длина образца, мм.

Относительное остаточное удлинение при разрыве вычисляют по формуле:

$$\theta_p = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100 \%,$$

где  $l_1$  - длина рабочего участка образца после «отдыха» в течение 1 мин (по сложенным вместе частям разорванного образца), мм.

Условное разрывное напряжение (условный предел прочности) полимера рассчитывают по формуле:

$$f_p = \frac{P_p}{S_0} \text{ (Па)},$$

где  $P_p$  - разрывная нагрузка, Н;

$S_0$  - первоначальная площадь поперечного сечения образца, м<sup>2</sup>.

Условное напряжение при заданном относительном удлинении (100 %, 200 %) рассчитывают по формуле:

$$f_\varepsilon = \frac{P_\varepsilon}{S_0} \text{ (Па)},$$

где  $P_\varepsilon$  - нагрузка при заданном относительном удлинении (100 %, 200 %), Н.

Истинные напряжения в отличие от условных напряжений определяют в расчете на площадь поперечного сечения в данный момент времени. Эти показатели связаны соотношениями:

$$\delta_p = f_p \left( \frac{\varepsilon_p}{100} + 1 \right),$$

$$\delta_\varepsilon = f_\varepsilon \left( \frac{\varepsilon}{100} + 1 \right),$$

где  $\delta_p$  - истинное разрывное напряжение (истинный предел прочности);

$\delta_\varepsilon$  - истинное напряжение при заданном относительном удлинении (100 %, 200 %).

Результаты испытаний и расчетов сводят в таблицу 2.

Таблица 2. Результаты испытаний и расчетов

Показатели	Образцы			Среднее значение
	1	2	3	
Размеры рабочего участка образца: длина первоначальная, м длина после разрыва, м ширина, м толщина, м Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup> Нагрузка, Н, при удлинении 100 % при удлинении 200 % при разрыве Относительное удлинение при разрыве, % Относительное остаточное удлинение при разрыве, % Условное напряжение, МПа, при удлинении 100 % при удлинении 200 % Условный предел прочности, МПа Истинное напряжение, МПа, при удлинении 100 % при удлинении 200 % Истинный предел прочности, МПа				

### Контрольные вопросы

1. Какие показатели характеризуют физико-механические свойства полимеров?
2. Назовите составляющие общей деформации полимеров.
3. Какие процессы протекают в полимере при растяжении?
4. Как влияет температура и скорость деформирования на деформационные свойства полимеров?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### *ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ПОЛИМЕРОВ*

**Цель работы:** исследование поведения полимеров при механическом динамическом воздействии.

**Задание:**

приготовить образцы полимеров для испытания ударом на изгиб в

соответствии с ГОСТ 14 235-69;

провести испытание образцов ударом на изгиб на маятниковом копре;

рассчитать ударную вязкость материала по данным испытаний.

### **Материалы:**

образцы полимерного материала размером 10×15×120 (80) мм.

### **Оборудование:**

микрометр;

копер маятниковый для испытаний ударом на изгиб.

## **Методика проведения эксперимента и обработка результатов**

Ударная вязкость определяется на стандартных образцах, изготовленных из испытуемого материала механической обработкой в виде брусьев прямоугольного сечения 10×15 мм и длиной от 80 до 120 мм.

Испытания проводят на трех стандартных образцах. Перед испытанием микрометром замеряют толщину и ширину каждого бруска в его середине с точностью до 0,01 мм и вычисляют площадь их поперечного сечения. Расстояние между опорами для образцов толщиной более 5 мм должно составлять 70 мм, для образцов толщиной менее 5 мм - 40 мм.

Образец кладут на две опоры, расположенные в нижней части маятникового копра так, чтобы удар приходился по широкой стороне бруска. Маятник поднимают до верхнего положения и закрепляют с помощью специальной защелки. Стрелку на шкале или движок устанавливают в исходное положение на ноль, затем освобождают защелку и дают маятнику падать. В нижней точке падения маятник ударяет образец своим скошенным под углом 45° краем, разбивает его и отклоняется в другую сторону на определенную высоту, пропорциональную работе, затраченной на разрушение образца, и равную произведению веса маятника на разность высот его центра тяжести до и после испытаний. Одновременно при движении вверх маятник поднимает планку с указателем на высоту, фиксируемую по шкале (шкала должна соответствовать определенному номеру маятника). К копру прилагаются маятники различной мощности, поэтому перед испытанием необходимо подобрать мощность маятника пробным разбиванием бруска, начиная с менее мощного.

Удельную ударную вязкость материала рассчитывают по формуле:

$$P = \frac{A - A_0}{s},$$

где  $A$  – работа, совершенная маятником при разрушении образца, Н·м;

$A$  – работа, совершенная маятником при холостом ходе, Н·м;

$S$  – площадь поперечного сечения образца, м<sup>2</sup>.

Результаты испытаний и расчетов сводят в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты испытаний и расчетов

Показатели	Образцы			Среднее значение
	1	2	3	
Размеры образца длина, мм ширина, мм толщина, мм Установленное расстояние между опорами, мм Работа, совершенная маятником при холостом ходе, Н·м (Дж) Работа, совершенная маятником при разрушении образца, Н·м (Дж) Удельная ударная вязкость, Дж/м <sup>2</sup>				

### Контрольные вопросы

1. Каковы виды применяемых нагрузок при определении физико-механических свойств полимеров?
2. Сущность метода определения ударной вязкости полимеров.
3. Методы определения удельной ударной вязкости.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПОЛИМЕРОВ

(по методу Бринеля)

**Цель работы:** исследование поведения полимеров при механическом вдавливании твердого тела.

**Задание:**

приготовить образцы полимерных материалов для испытаний в соответствии с ГОСТ 9012-69;

провести испытания образцов на приборе ТШ-2М;

определить твердость полимеров по данным испытаний.

**Материалы:**

образцы полимерного материала толщиной не менее 5 мм и шириной не менее 15 мм.

### Оборудование:

прибор для измерения твердости материалов по методу Бринеля ТШ-2М (рис. 3);  
микроскоп или другое устройство, обеспечивающее измерение отпечатков с точностью 0,05 мм.

### Методика проведения эксперимента и обработка результатов

Поверхность образца должна быть сухой и чистой. Для определения твердости тонких листов одного материала их можно накладывать друг на друга до образования слоя достаточной толщины, при этом листы должны плотно прилегать друг к другу.

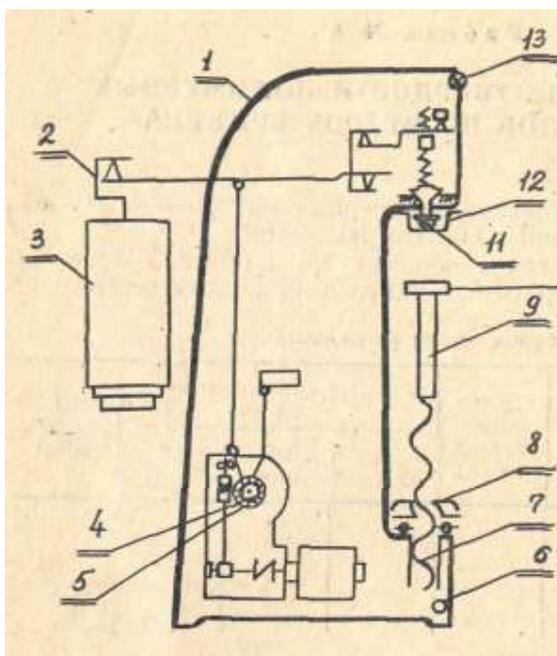


Рис. 3. Схема прибора ТШ-2М:

1 - станина, 2 - подвеска, 3 - грузы, 4 - чашка, 5 - шкала, 6 - пусковая кнопка, 7 - пиит, 8 - маховик, 9 - подставка, 10 - подъемный стол, 11 - шариковая оправка с шариком, 12 - ограничитель, 13 - сигнальная лампа.

Рычажная система прибора с подвеской без грузов создает нагрузку 187,5 кг. Диаметр шарика составляет 10 мм.

Образец полимера помещают на стол 10 и вращением маховика 8 поджимают его к шариком 11 до тех пор, пока он не упрется в ограничитель 12. Центр шарика при этом должен находиться от края образца на расстоянии не менее 7,5 мм, а испытуемый образец должен быть расположен строго перпендикулярно оси оправки с шариком.

Нажатием на кнопку *б* включают электродвигатель.

По окончании испытания (после того, как погаснет лампочка *13* и остановится электродвигатель), которое длится 60 секунд, вращением маховика *8* стол с образцом *10* опускают.

Повторяют испытание, поджав образец на столе к шарiku на расстоянии не менее 7,5 мм от первого отпечатка.

Диаметр отпечатков измеряют с помощью микроскопа, затем определяют среднее арифметическое двух измерений.

Диаметры отпечатков должны находиться в пределах от 0,2 до 0,6 диаметра шарика, в противном случае испытание недействительно.

Если после получения отпечатка боковые или нижняя стороны образца окажутся деформированными, испытание необходимо повторить с шариком меньшего диаметра при соответствующей нагрузке.

Твердость по Бринелю рассчитывают по формуле:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ (кГ/мм}^2\text{)},$$

где *P* – нагрузка на шарик (187,5 кГ);

*D* – диаметр шарика (10 мм);

*D* – диаметр отпечатка, мм.

### Контрольные вопросы

1. Методы определения твердости полимерных материалов.
2. Сущность метода определения твердости полимеров по Бринелю.
3. Влияние условий нагружения (начальная нагрузка, скорость) на показатель твердости.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

### ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРОВ

**Цель работы:** исследование поведения полимеров при температурном воздействии.

**Задание:**

получить дериватограммы полимера (кривые *T*, *ДТА*, *ДТГ*, *ТГ*) под наблюдением лаборанта;

провести дифференциальный термический и термогравиметрический анализ полимера.

## Материалы:

порошкообразный полимер.

## Оборудование:

дериватограф системы Паулик-Паулик-Эрдеи (Венгрия) (рис. 4);

тигли;

фотобумага.

## Методика проведения эксперимента и обработка результатов

Перед началом работы следует прочитать инструкцию по обслуживанию дериватографа, ознакомиться с его устройством и работой основных его узлов.

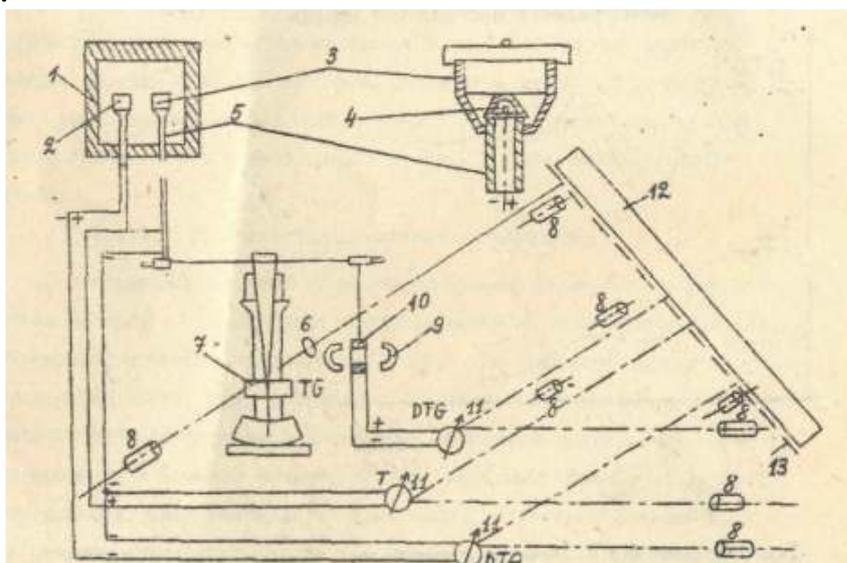


Рис. 4. Принципиальная схема дериватографа:

1 – печь, 2 – тигель для инертного вещества, 3 – тигель для исследуемого вещества, 4 – термопара, 5 – фарфоровая трубка, 6 – линза, 7 – рамка, 8 – объектив с лампой, 9 – магнит, 10 – индукционная катушка, 11 – гальванометр, 12 – барабан, 13 – штриховальный шаблон.

Дериватограф применяется для термоанализа полимеров, работает автоматически, запись температурных кривых и убыли массы осуществляется фотосамописцем (см. рис. 4). Равномерность нагрева печи обеспечивается программным управлением, которое можно устанавливать на скорость 0,5-20 °С/мин. Максимальная температура печи составляет 1050 °С. Прибор приспособлен для записи кривых нагревания и изменения массы в атмосфере инертного газа. При помощи дериватографа при использовании одного образца можно одновременно определить изменение массы (кривая *TG*), скорость изменения массы (кривая *DTG*), тепловые эффекты (кривая *DTA*) и изменение температуры (кривая *T*) исследуемого образца.

Под наблюдением лаборанта проводят анализ образца полимера при повышении температуры (в динамическом режиме) до 600 °С со скоростью 10 °С/мин. Кривые записываются дериватографом как функция определяемой величины от времени (рис. 5).

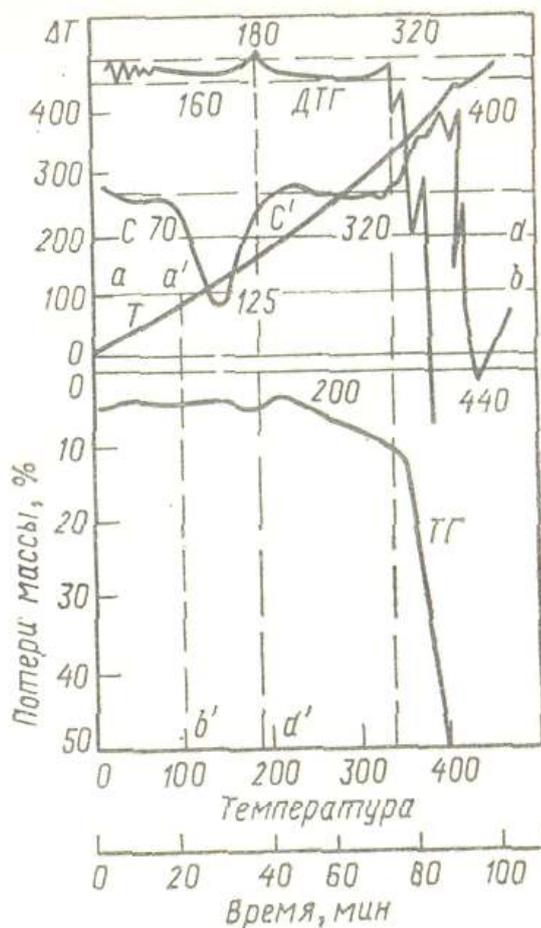


Рис. 5. Дериватограмма полиэтилена:

*TG* – термогравиметрическая кривая, *ДТГ* – кривая дифференциального термогравиметрического анализа, *ДТА* – кривая дифференциально-термического анализа, *T* – кривая изменения температуры.

Полученные результаты обрабатывают и переводят в кривую зависимости от температуры. Это осуществляется при помощи кривой *T*, показывающей изменение температуры исследуемого образца во времени. Для нанесения на ось абсцисс температурной шкалы через точки пересечения горизонтальных калибровочных линий (*ab*, *cd*, ...) температуры и кривой *T* (точки *a'*, *c'*, ...) опускают перпендикулярные прямые {*a'b'*, *c'd'*, ...} на ось абсцисс и наносят значения температур. На основании полученной таким образом температурной шкалы определяют температуры переходов на кривых *ДТА*, *ДТГ* и *TG*, проектируя характерные точки перегибов на полученную температурную шкалу (ось абсцисс). Кроме того, проектируя ми-

нимумы кривых ДТГ на кривую ТГ, можно определить изменение массы, вызванное какими-либо переходами.

На кривых дифференциально-термического и термогравиметрического анализа отмечают температуры физико-химических переходов и объясняют изменения, происходящие при нагревании исследуемого образца полимера.

Потерю массы образца (в %) находят по кривой ТГ, пользуясь штриховальной сеткой. Строят график зависимости «потеря массы (%) – температура» и определяют температуру начала потери массы ( $T_0$ ), потери 10 % ( $T_{10}$ ), 50 % массы полимера ( $T_{50}$ ) и конечную температуру разложения ( $T_k$ ).

Результаты испытаний и расчетов сводят в таблицу 4.

Таблица 4. Результаты испытаний и расчетов

Масса навески полимера, мг	Масса остатка полимера, мг	Температура потери массы, °С			
		$T_0$	$T_{10}$	$T_{50}$	$T_k$

### Контрольные вопросы

1. Какую группу методов объединяет термический анализ?
2. В чем сущность дифференциально-термического анализа (ДТА) полимеров?
3. Какие физические и фазовые переходы в полимерах можно исследовать методом ДТА?
4. Какую информацию можно получить в результате термогравиметрического анализа (ТГА) полимеров?
5. Какими температурными характеристиками оценивается термостабильность полимеров?

### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулезнев В.Н., Шершнев В.А. Химия и физика полимеров. – М.: КолосС, 2007. – 367 с.
2. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. - М.: Научный мир, 2007. – 576 с.
3. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. – М.: Химия, 1989. – 432 с.
4. Бартенев Г.М., Френкель С.Я. Физика полимеров. - Л.: Химия, 1990. – 432 с.

5. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. - М.: Высшая школа, 1981. - 656 с.
6. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. – М.: Академия, 2003. - 368 с.
7. Практикум по химии и физике полимеров: учебн. изд. / Н.И. Аввакумова, Л.А. Бударина, С.М. Дивгун и др.; под ред. В.Ф.Куренкова. - М.: Химия, 1990. - 304 с.
8. Практикум по высокомолекулярным соединениям / под ред. В.А. Кабанова. - М.: Химия, 1985. - 224 с.

**Составители:**

Вячеслав Андреевич Козловцев  
Валентина Дмитриевна Васильева

**ФИЗИКА ПОЛИМЕРОВ**

Методические указания к лабораторным работам

Редактор Свитачева В.В.

Темплан 2011 г., поз.№ \_\_\_\_

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Формат 60×34 1/16

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.печ.л. \_\_\_\_\_

Уч.-изд.л. \_\_\_\_\_ Тираж 150 экз. Заказ \_\_\_\_\_

Волгоградский государственный технический университет

400131, Волгоград, пр. Ленина, 28

РПК «Политехник» ВолгГТУ

400131, Волгоград, ул. Советская, 35