

Калюжний А.Б.<sup>1</sup>,  
Калюжний Б.Г.<sup>1</sup>,  
Платков В.Я.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный  
технический университет  
сельского хозяйства  
имени П.Василенко,  
г. Харьков, Украина,  
E-mail: albokal@ukr.net  
<sup>2</sup>Луганский национальный  
аграрный университет,  
г. Харьков, Украина,  
E-mail: vplatkov@gmail.com

## КЛТР ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА-4

УДК 536.413.2

*Изучено влияние пористости фторопласта-4 на КЛТР в интервале температур от -150 до 100 °С. В интервале температур от 20 до 30 °С наблюдается максимум на температурной зависимости, связанный с фазовым переходом 2 рода.*

**Ключевые слова:** пористый фторопласт-4, коэффициент линейного теплового расширения.

**Введение.** Развитие сельского хозяйства в Украине предусматривает широкое использование материалов стойких к агрессивной среде, в том числе пористых полимерных материалов. Ведущей тенденцией в области полимерного материаловедения является разработка и изучение пористых материалов на основе фторопласта-4 (PTFE). Полимерные фильтрующие элементы, выполненные на основе высокопористого фторопласта, благодаря своим физико-механическим характеристикам, успешно используются для фильтрации жидкостей и газов, термодинамические параметры которых могут существенно отличаться от нормальных [1]. В частности, рекомендуемый диапазон температур при эксплуатации фильтров с полимерными фильтрующими элементами находится в диапазоне от -269 до 260° [1]. С учетом того, что монтаж фильтроэлементов в корпусе фильтра производится при нормальных температурных условиях, изменение температуры фильтроэлемента в процессе эксплуатации фильтра может достигать значительной величины. При таком изменении температуры могут существенно измениться линейные размеры фильтроэлемента. В частности, при фильтрации криогенных жидкостей, размеры фильтроэлемента могут измениться столь существенно, что может произойти нарушение герметичности соединения фильтроэлемента в месте уплотнения его в корпусе фильтра.

В связи с этим, исследование изменения линейных размеров полимерных фильтровальных элементов с изменением температуры и определение коэффициента линейного температурного расширения (КЛТР) высокопористого фторопласта являются весьма актуальной задачей.

**Результаты и их обсуждение.** Измерение КЛТР высокопористого фторопласта было проведено на кварцевом дифференциальном dilatометре с индукционным датчиком перемещения типа ПД-3 (рис. 1). Индукционный датчик перемещения представляет собой преобразователь дифференциально-трансформаторного типа, на двух катушках которого намотаны обмотка возбуждения (1) и вторичная обмотка (2). Обмотка возбуждения состоит из двух секций  $W_1$  и  $W_2^*$ , которые подключаются к источнику переменного стабилизированного тока частотой 50 Гц. Магнитный поток, возникающий при прохождении тока по обмоткам возбуждения, создает взаимную индуктивность во вторичных обмотках  $W_1$  и  $W_2^*$ , величина которой зависит от положения плунжера-сердечника (3). Взаимоиндуктивности  $M_1$  и  $M_2^*$  обмоток  $W_1$  и  $W_2^*$  равны между собой при симметричном положении плунжера относительно катушек (магнитная нейтраль).

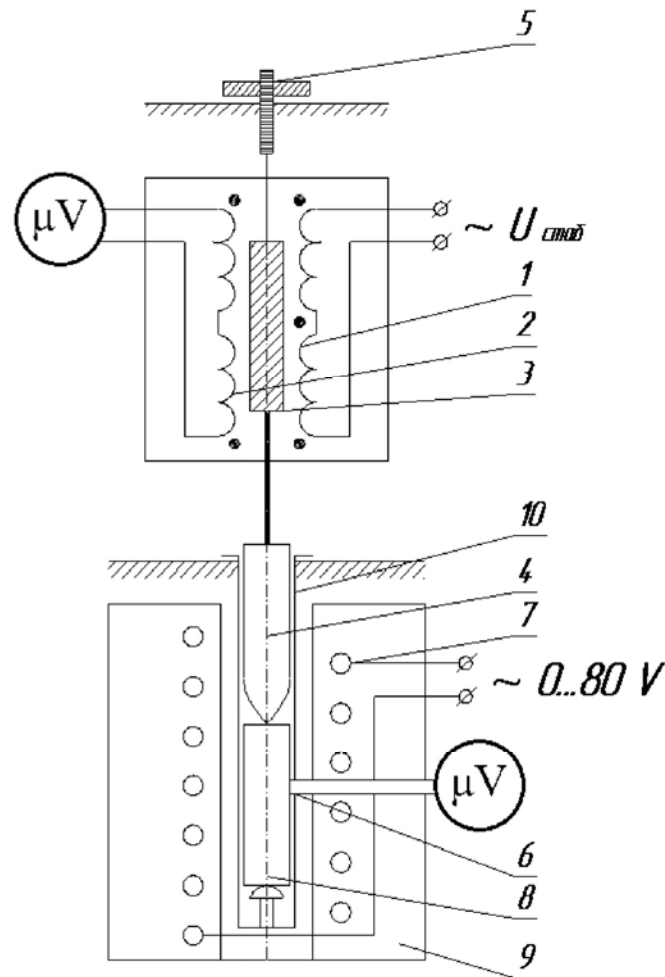


Рис.1 – Принципиальная схема кварцевого дилатометра с индукционным датчиком

При смещении плунжера относительно магнитной нейтралы на концах вторичных обмоток возникает потенциал, пропорциональный величине смещения. Калибровка преобразователя ПД-3 производилась с помощью микрометрического винта и индикатора перемещения с точностью измерения 1 мкм. Собственный ход дилатометра в интервале температур от - 160 до +100 °С составлял менее 1 % от измеряемой величины абсолютного удлинения образца. Таким образом, точность измерения перемещения толкателя дилатометра 4 и жестко связанного с ним плунжера индукционного датчика составляет - 1 мкм, что полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 15173-70 [2].

Образец высокопористого фторопласта устанавливался между толкателем дилатометра и опорным столиком, а затем охлаждался с помощью жидкого азота до температуры минус 190 °С. Температура измерялась в средней части образца медь-константановой термопарой 8. Затем производился нагрев образца и, после увеличения температуры образца на каждые 10 °С, измерялось его абсолютное удлинение. Равномерность нагрева образца (2,5 град/мин) обеспечивалась адиабатической оболочкой корпуса дилатометра и автоматической системой, выполненной на основе блока питания прибора ИТ-с-400. Погрешность измерений во всем интервале температур не превышала 10 %. В ходе предварительных измерений было отмечено, что при положительных температурах нагрузка на образец в виде толкателя дилатометра и плунжера индукционного датчика (~ 8 г) значительно уменьшает КЛТР, что связано с ползучестью образца под данной нагрузкой. В связи с этим была предложена оригинальная система разгрузки, позволившая уменьшить нагрузку на образец до 0,5 г.

Для измерения КЛТР высокопористого фторопласта были использованы образцы в форме цилиндров высотой 50 мм и диаметром 10 мм, изготовленные с использованием программ графического компьютерного моделирования [4,5], по трем технологическим регламентам (I, II, III), структурные характеристики которых приведены в табл.1. Методика определения основных структурных характеристик приведена в [3].

Таблица 1

Основные структурные и фильтрационные параметры образцов фильтрующих материалов на основе фторопласта-4

| Показатель               | Номер технологического регламента |    |     |
|--------------------------|-----------------------------------|----|-----|
|                          | I                                 | II | III |
| Объемная пористость, %   | 74                                | 70 | 64  |
| Средний диаметр пор, мкм | 82                                | 43 | 25  |
| Тонкость фильтрации, мкм | 20                                | 5  | 1   |

На рис. 2 приведены зависимости КЛТР от температуры для пористых фторопластов, изготовленных по трем регламентам.

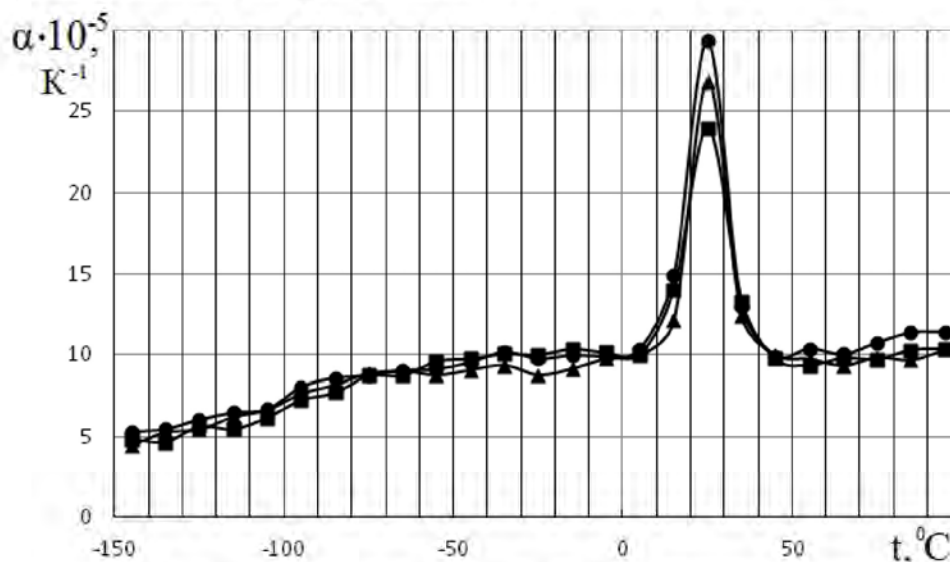


Рис.2 – Зависимость КЛТР высокопористых фторопластов от температуры:  
 ■ - регламент I; ▲ - регламент II; ● - регламент III.

Анализируя полученные зависимости КЛТР образцов каждого технологического регламента от температуры, можно сделать следующие выводы:

- в интервале температур минус - 150 до - 10°C КЛТР образцов высокопористого фторопласта, изготовленных по различным технологическим регламентам практически совпадают;

- в области температуры фазового перехода 2-го рода (~ 20 °C) наблюдается более значительное отличие КЛТР образцов высокопористого фторопласта, изготовленных по различным технологическим регламентам, причем его величина растет с увеличением компактности образца, то есть с уменьшением пористости и среднего диаметра пор образца;

- При температурах выше 40 °C значение КЛТР остается неизменным для пористых материалов, изготовленных по различным технологическим регламентам.

### Литература:

1. ГОСТ 10007-80 Фторопласт-4. Технические условия.
2. ГОСТ 15173-70 Пластмассы. Метод определения среднего коэффициента линейного теплового расширения.
3. Kalyuzhny A.B., Karpova T.L., Kalyuzhny B.G., Platkov V.Ya. Structure and functional properties of high-porosity material based on Fluoroplast-4 // Functional Materials. - 1999. - Vol. 6, №2. - P. 25-30
4. Калюжний А.Б., Платков В.Я. Исследование структуры пористого материала методом графического компьютерного моделирования / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. - Харків: ХНТУСГ, -2017. - Вип. 9, с. 74-77
5. Kalyuzhny A.B. Structure of porous materials and their permeability: determination by computer-aided simulation / A.B. Kalyuzhny, V.Ya. Platkov // Functional Materials. – 2001. – Vol. 8, №1. – P. 90-93.

### Summary

**Kalyuzhniy A.B., Kalyuzhniy B.G., Platkov V.Ya.** The coefficient of linear thermal expansion of the porous materials based on PTFE-4

*The influence of porosity of PTFE-4 on the coefficient of linear thermal expansion in the range from - 150 to +100 °C was studied. In the range of 20 to 30°C maximum is observed in the temperature dependence associated with the phase transition of the second type.*

**Keywords:** porous PTFE-4, the coefficient of linear thermal expansion

### References

1. GOST 10007-80 Polytetrafluoroethylene. Specifications
2. GOST 15173-70 Plastics. Method for determination of mean coefficient of linear thermal expansion
3. Kalyuzhny A.B., Karpova T.L., Kalyuzhny B.G., Platkov V.Ya. Structure and functional properties of high-porosity material based on Fluoroplast-4 // Functional Materials. - 1999. - Vol. 6, №2. - P. 25-30
4. Kalyuzhniy A.B., Platkov V.Ya. Study of the porous material structure by computer-aided simulation/Technical service the agricultural, forestry and transport systems. -Kharkiv^ HNTUSG - 2017. -№9 p.74-77
5. Kalyuzhny A.B. Structure of porous materials and their permeability: determination by computer-aided simulation / A.B. Kalyuzhny, V.Ya. Platkov // Functional Materials. – 2001. – Vol. 8, №1. – P. 90-93.