

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Химии и технологии переработки эластомеров

Лабораторная работа № 1

Расчет теплофизических характеристик  
полимерных композиций

Методические указания

Волгоград 1995

УДК. 678.04

РАСЧЕТ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ:  
Методические указания к лабораторной работе / Сост. В.Т. Каб-  
лов, А.Н. Гайдадин; Волгоград. гос. техун-т. - Волгоград, 1995. - 11с.

Изложена процедура расчета теплофизических характеристик по-  
лимерных композиций по составу с учетом содержания и природы каж-  
дого ингредиента.

Для студентов специальности 2506 по курсу "Моделирование  
процессов переработки полимеров на ЭЕМ", а также для студентов  
направления 5508 "Химическая технология и биотехнология"

Рис. 9

Библ. назв. 3

Рецензент

Сергей А.И.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Волгоградского государственного технического университета

© Волгоградский  
государственный  
технический  
университет, 1995

3-

**1. Цель работы:** Целью работы является изучение методов расче-  
та теплофизических характеристик полимерных композиций с учетом  
вклада каждого ингредиента.

Выработка навыков общения с диалоговой автоматизированной  
системой "Теплофизика-П", способов ведения, пополнения и поиска  
информации.

- Расчет теплофизических характеристик полимерной композиции.  
Исследование влияния природы и содержания ингредиента на ве-  
личину теплофизических параметров композиции.

## 2. Подготовка к работе.

К теплофизическим характеристикам эластомеров относят: темпе-  
ратуропроводность  $a$  ( $m^2/c$ ); теплопроводность  $\lambda$  ( $Вт/(м*К)$ ); удель-  
ную теплоемкость  $C$  ( $кДж/(моль*К)$ ); плотность  $\rho$  ( $кг/м^3$ ). В инже-  
нерной практике часто используют эмпирические и полумпирические  
модели для расчета теплофизических характеристик полимерной компо-  
зиции с учетом свойств входящих в нее компонентов.

Расчет удельной теплоемкости материала проводят по формуле:

$$C = \lambda / (a * \rho), \text{ где}$$

$C$  - удельная теплоемкость,  
 $\lambda$  - теплопроводность,  
 $a$  - температуропроводность,  
 $\rho$  - плотность композиции.

Расчет удельной теплоемкости по значениям теплоемкостей компо-  
нентов осуществляется по модели:

$$(\rho * C) = \sum_{i=1} \rho_i * C_i * \theta_i, \text{ где}$$

$\rho$  и  $C$  - плотность и теплоемкость композиции,  
 $\rho_i$  - плотность ингредиента,  
 $C_i$  - теплоемкость ингредиента,  
 $\theta_i$  - объемная концентрация ингредиента.

Расчет плотности композиции осуществляется с учетом плотнос-  
тей и содержания ингредиентов, входящих в ее состав:

$$\rho = \frac{\sum m_i}{\sum (m_i / \rho_i)}, \text{ где}$$

$m_i$  - масса ингредиента на 100 массовых частей полимера,  
 $\rho_i$  - плотность ингредиента.

Для расчета коэффициента теплопроводности используют несколь-

ко методик с учетом соответствующих ограничений. В случае распределения ингредиента в сплошной среде полимера в виде частиц различной формы используют формулу Гамильтона - Гроссера.

$$\lambda = \lambda_0 \left[ 1 + \frac{\theta}{(1-\theta)/n + \lambda_0/(\lambda_1 - \lambda_0)} \right] \quad (1)$$

- $\lambda_0$  - коэффициент теплопроводности основного компонента (матрицы),
- $\lambda_1$  - коэффициент теплопроводности ингредиента,
- $\theta$  - относительная объемная концентрация ингредиента,
- $n$  - коэффициент, учитывающий форму и характер распределения частиц включений.

Ограниченное применение формулы связано с трудностью определения коэффициента  $n$ .

В случае умеренной концентрации ингредиентов для расчета теплопроводности может быть использовано уравнение Миснара :

$$\lambda = \lambda_0 \left[ 1 + \frac{\theta}{1-\theta + \lambda_0/(\lambda_1 - \lambda_0)} \right] \quad (2)$$

Однако при больших концентрациях ингредиентов использование уравнения (2) становится неоправданным, а для уравнения (1) требуется эмпирическое определение коэффициента  $n$ . Более точное значение теплопроводности дает уравнения Дульнева :

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = C^2 + V \cdot (1-C) + \frac{2 \cdot V \cdot C \cdot (1-C)}{V \cdot C + 1 - C}$$

- где  $\lambda_0$  - теплопроводность основного компонента,
- $V$  - коэффициент, учитывающий отношение теплопроводностей основного компонента и ингредиента,
- $C$  - коэффициент, учитывающий объемную концентрацию ингредиента.

Для расчета указанных коэффициентов используются следующие формулы:

$$V = \frac{\lambda_1}{\lambda_0} ; 2 \cdot C^3 - 3 \cdot C^2 + 1 - \theta$$

- где  $\lambda_1$  - теплопроводность ингредиента,
- $\theta$  - массовая доля ингредиента.

Особенность расчета этим методом заключается в использовании на каждом этапе расчета бинарной смеси, состоящей из ингредиента и основного компонента. В основной компонент входят все ингредиенты, используемые на предыдущем этапе расчета. При расчете композиций, содержащих в своем составе активный наполнитель, используют следу-

ющую эмпирическую зависимость :

$$\lambda = \lambda_0 + K_1 \cdot m$$

- $\lambda_0$  - коэффициент теплопроводности ненаполненного материала,
  - $K_1$  - коэффициент, характеризующий используемый наполнитель,
  - $m$  - содержание наполнителя на 100 массовых частей полимера.
- Расчет коэффициентов температуропроводности проводится по формуле :

$$a = \frac{\lambda}{C \cdot \rho} \quad , \text{ где}$$

- $\lambda$  - теплопроводность,
- $C$  - удельная теплоемкость,
- $\rho$  - плотность композиции.

## 2. Руководство пользователя системы "Теплофизика-П"

Система расчета включает локальный банк данных по теплофизическим характеристикам ингредиентов полимерных смесей и блок расчета теплофизических характеристик смеси по составу.

Перед сеансом работы с системой "Теплофизика-П" необходимо загрузить операционную систему MS-DOS. Вам необходимо знать:

Имя системы "Теплофизика-П" - INGR.EXE. Она представляет собой исполняемый модуль и запускается командной строкой:

A:> INGR.

Имя файлов данных, создаваемых INGR - [ NAME ].ING

При загрузке INGR предлагает Вам указать имя файла данных, с которым Вы собираетесь работать.

Укажите имя файла, с которым будете работать  
\*.ING

Первый экран

Рис.1

Если Вы укажете имя необходимого Вам файла, то INGR определяет присутствие файла на диске и открывает его для доступа. Если на запрос имени файла нажата клавиша <ENTER>, то Вам покажут список всех файлов данных, находящихся на диске в каталоге прямого доступа. В этом случае нужный Вам файл может быть выбран с помощью клавиш управления курсором <↑> или <↓>. Установите курсор на имя нужного Вам файла и нажмите клавишу <ENTER>.



Как только файл открыт, INGR предоставляет начальное "меню", в котором указаны все функции системы.

Содержание базы
Просмотр базы
Ввод информации
Поиск информации
Расчет смеси
Новая база
Выход

Второй экран

Рис. 2

Вы можете выбрать любую из предложенных функций с помощью клавиш управления курсором <↑> или <↓>.

При выборе функции "Содержание базы" Вам предоставляется следующая картина:

Название объекта	Название объекта
Каучук натуральный	
Каучук СКМ	
Каучук СКН-18	
Стеарин	

<ENTER> - прос. к-корр./удал., P - печать, <ESC> - выход, F - поиск

Третий экран

Рис. 3

Этот режим сообщает имена всех объектов, хранящихся в файле. Функции в экранной строке означают:

<ESC> - приведет к выходу в исходное "меню".

P - позволяет получить на печатающем устройстве список имен всех объектов, хранящихся в базе.

<ENTER> - позволяет получить на экране кортеж теплофизических характеристик выбранного ингредиента.

Выбор ингредиента осуществляется с помощью клавиш управления курсором <↑> или <↓>. Позкранный просмотр базы осуществляется с помощью клавиш просмотра экрана <PgUp> или <PgDn>.

K - позволяет осуществлять коррекцию данных в кортеже. При этом происходит переход в режим просмотра кортежей данных. Коррекция кортежа данных будет рассмотрена ниже.

F - режим поиска информации. Особенности работы в этом режиме смотрите в разделе "Поиск данных".

Функция "Просмотр базы" позволяет осуществлять покортежный просмотр всей базы. Информация о каждом объекте представляется в виде кортежа данных. В этом случае Вам предоставляется следующая

информация (рис. 4).

Как видно, кортеж данных содержит информацию о теплофизических характеристиках выбранного Вами ингредиента. Для удобства работы строка экрана содержит подсказку функций, существующих в этом реж-

Название ингредиента	Каучук натуральный
Температуропроводность	м <sup>2</sup> /с*10 <sup>-8</sup> 7.800
Теплопроводность	Вт/м*К 0.150
Плотность	кг/м <sup>3</sup> 920.00
Теплоемкость	Вт/м*К 1.830
Натуральный каучук, НК, Смокол шитс, Импорт	
Неопределенный эластомер общего назначения	
Предназначена для проведения контрольных расчетов INGR	
Эти шесть строк Вы можете заполнить любой информацией.	

Четвертый экран

Рис. 4

ме работы:

<↑>, <↓> - осуществляет покортежный просмотр базы данных.

F - режим поиска информации. Особенности работы в этом режиме смотрите в разделе "Поиск данных".

P - осуществляет вывод на печатающее устройство просматриваемого Вами кортежа данных.

Esc - осуществляет выход из режима просмотра данных.

Функция "Ввод информации" позволяет Вам создавать новые кортежи данных по свойствам ингредиентов. В этом случае INGR предоставляет разметку кортежа данных и пригласит начать ввод информации.

Название ингредиента	.....
Температуропроводность	м <sup>2</sup> /с*10 <sup>-8</sup>
Теплопроводность	Вт/м*К
Плотность	кг/м <sup>3</sup>
Теплоемкость	Вт/м*К
Enter - ввод поля	ESC - прервать ввод

Пятый экран

Рис. 5

Вы, конечно, уже обратили внимание, что кортеж содержит только разметку полей и не содержит информации об объекте. Смелее вводите данные и помните, что кроме числовых характеристик Вы можете использовать шесть строк под символьную информацию. Признаком окончания ввода строки является нажатие клавиши <Enter>. Признаком окончания ввода кортежа является полное заполнение всех шести символьных строк или же указание <Enter> в первой позиции символьной строки. После заполнения первого кортежа Вам предложат для заполнения второй, третий и так далее до полного заполнения информационного файла. Если Вы полностью заполнили информационный файл и пытае-

тес еще пополнить его, то INGR любезно сообщит Вам, что база полна. В этом случае рекомендуем Вам или уничтожить информацию, которая потеряла свою актуальность или же создать новый информационный файл. Признаком окончания режима ввода является указание <Esc> в первой позиции названия следующего кортежа.

Функция "Поиск информации" организует поиск по указанному параметру в символьных полях информационного файла. Особенностью функции является полный анализ поискового поля по указанному запросу. Приведем пример:

Вам понадобилась информация по натуральному каучуку НК. В поисковой строке Вы можете указать не полное название этого вещества, а только слово НК и Вам предложат все кортежи, содержащие слово НК, в каком бы месте строки оно не находилось. Особенность поиска заключается в том, что Вам сообщат все кортежи со словом НК, даже если они не имеют никакого отношения к каучуку, а только содержат указанное поисковое слово НК. Поэтому рекомендуем Вам поточнее формулировать запросы.

Работа функции Поиск выглядит так:

Укажите строку для поиска	Нет	НК
Искать с начала	Да	Нет

Шестой экран

Рис. 6

Рекомендуем Вам во всех случаях начинать поиск с начала информационного файла, за исключением той ситуации, когда Вы хотите "досмотреть" свой файл. Если найден хотя бы один кортеж, отвечающий Вашим запросам, то Вы увидите:

Название ингредиента	Каучук натуральный
Температуропроводность	М <sup>2</sup> /С*10 <sup>8</sup> 1.830
Теплопроводность	Вт/м*К 0.850
Плотность	Кг/м <sup>3</sup> 920.00
Теплоемкость	Вт/м*К 1.830
натуральный каучук, НК, смолка шитс. Импорт	
непредельный эластомер общего назначения	
эти шесть строк Вы можете заполнить любой информацией.	
прекратить поиск	Да Нет

Седьмой экран

Рис. 7

При условии " Прекратить поиск Нет " Вы сможете просмотреть весь информационный файл по указанному запросу покортежно. Окончание просмотра означает появление сообщения " Круговой поиск " в верхней строке экрана. Если нет необходимости просматривать весь файл, то выбирайте прекращение поиска. Выход из режима поиска осуществляется нажатием клавиши <Esc> в ответ на появление сообщений.

" Круговой поиск " или " Укажите строку для поиска НК "

Функция "Расчет смеси" позволяет определить теплофизические характеристики композиции и вывести эти данные на печатающее устройство. В начале работы Вам предложат ввести марку исследуемой композиции и предоставят экран ввода экспериментальных данных. Как видите, перед Вами таблица, в которой можно указывать названия ингредиентов. Причем хотелось бы пояснить два условия.

Ингредиент	Масс. части	а м <sup>2</sup> /с	лямбда Вт/(м*К)	Р Кг/м <sup>3</sup>	С КДж/(моль*К)
Каучук натурал	100.00	7.80	0.150	920.0	1.830
Тиурам Д	0.5	38.81	0.500	1400.0	0.920
Оксид цинка	3.0	24.10	0.69	5570.0	0.725
Сера	2.0	3.40	0.05	2015.0	0.712
Стеарин	1.0	61.06	0.20	920.0	3.50
TU K354	30.0	58.5	1510	1800	0.854
Enter - просмотр базы, Esc - закончить ввод					

Восьмой экран

Рис. 8

Если Вы в первой позиции имени ингредиента укажете <Enter>, то INGR предоставит Вам экран "Содержание базы", в котором Вы можете выбрать интересующий Вас компонент в режиме просмотра или поиска. При нажатии клавиши <Esc> в режиме "Просмотр базы" Вы с интересом обнаружите, что вернулись в режим "Расчет смеси" и значения теплофизических характеристик ингредиента в рецепте заполнено взятыми из информационного файла данными. При этом курсор табулируется на следующую строку экрана. Таким образом Вы можете составить рецепт из ингредиентов, находящихся в базе. Значения массовых характеристик Вам придется вводить самостоятельно.

Если Вы указали в расчетной таблице имя ингредиента, то все теплофизические характеристики надо будет вводить самостоятельно. Признаком окончания заполнения таблицы ингредиентов является ука-

