

УДК 678.029.46

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ ВОЛОКНА АРИМИД И ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕРАБОТКИ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ ОРГАНОПЛАСТИКОВ

А.И. Буря<sup>1</sup>, Э.В. Ткаченко<sup>2</sup>, О.Ю. Кузнецова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Украинская технологическая академия, г. Киев

<sup>2</sup>Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

<sup>3</sup>Днепропетровский государственный аграрный университет

Методом математического планирования исследовано влияние длины волокна Аримид-Т и температуры прессования на ударную вязкость органопластиков на основе ароматического полиамида фенилон С-1.

### Введение

Данная работа является продолжением [1], посвященной изучению влияния процентного содержания волокна и температуры переработки на ударную вязкость органопластиков (ОП) на основе ароматического полиамида.

Показано [1], что с увеличением содержания волокна проявляется отчетливо тенденция к снижению ударной вязкости, а также смещению оптимальной температуры переработки от 598 К для фенилона С-1, содержащего 5 мас. % к 603 и 608 К для ОП, армированных соответственно 10...15 мас. % и 20 мас. % органическими волокнами (ОВ).

В настоящее время в большинстве исследований перед проведением натурального эксперимента проводится его математическое моделирование для определения наиболее оптимальных параметров. Этим достигается экономия сил, средств и времени. Другой несомненный плюс от использования вычислительных экспериментов заключается в возможности проведения испытаний в критических условиях или в тех областях параметров, где нельзя провести реальные эксперименты на имеющемся оборудовании [2].

В последнее время наряду с терморезактивными связующими широко используют термопластичные. Особенного внимания заслуживает применение в качестве связующего таких термостойких термопластов, как ароматические полиамиды (АПА). Созданные на их основе композиты могут эксплуатироваться в самых жестких условиях. Армированные АПА приобретают все большее техническое значение, и объем их производства, а также ассортимент в последние годы быстро возрастают. Интересные технические возможности появляются при армировании АПА различными материалами на основе химических волокон [3]. АПА используются в машиностроении, особенно транспортном, включая авиастроение, приборостроении, в электро- и радиотехнике, сельском хозяйстве.

Установлено [4], что одними из наиболее эффективных наполнителей среди химических волокон являются органические, в частности полиимидные.

Известно, что при армировании полимерной матрицы дискретным волокном последнее, независимо от уровня его механических свойств, сохраняет функции армирующего элемента при условии, что длина отрезков волокна не меньше определенной критической длины, обусловленной диаметром, прочностью волокна при растяжении и адгезионной прочностью при сдвиге [5].

Таким образом, введение в полимерную матрицу армирующих волокон с длиной менее критической приводит к снижению армирующего эффекта [6]. Как показали ранее проведенные нами исследования, не менее важную роль в получении высококачественных изделий играет температура переработки приготовленной композиции [4].

### **Постановка цели и задач научного исследования**

Целью данной работы было изучение влияния температуры прессования и длины полиимидного волокна Аримид-Т на ударную вязкость органопластиков на основе ароматического полиамида.

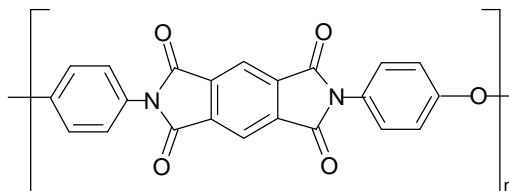
Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести математическое моделирование определения наиболее оптимальных параметров: длины волокна и температуры переработки АПА.
2. Создать новые органопластики, используя результаты математического моделирования.

### **Объекты и методы исследования**

Исходная полимерная матрица фенилон С-1 (ТУ 6-05-226-72) – линейный гетероциклический сополимер, продукт поликонденсации м, п-фенилендиамин и изофталевой кислоты.

В качестве армирующего наполнителя использовали полиимидное волокно марки Аримид-Т, строение которого может быть выражено следующей формулой:



Методика получения композитов заключалась в смешивании компонентов пресс-композиции во вращающемся электромагнитном поле с последующей переработкой в изделия методом компрессионного прессования при температуре 593...608 К и давлении 50 МПа.

Ударную вязкость определяли по методу Шарпи, согласно ГОСТ 4647 – 80, на маятниковом копре КМ-0,4 при температуре  $(296 \pm 2)$  К и относительной влажности  $(50 \pm 5)$  %. Сущность метода заключалась в испытании, при котором образец, лежащий на двух опорах (расстояние между опорами 40 мм), разрушается при ударе маятника, причем линия удара находится посередине между опорами.

### **Математическое моделирование определения наиболее оптимальных параметров: длины волокна и температуры переработки АПА**

Как известно [2], решающее влияние на свойства ОП на основе фенилона С-1 оказывает содержание органического волокна (ОВ) в композитном материале. Согласно [7], оптимальное содержание волокна Аримид в ОП на основе фенилона С-1 составляет 15 мас. %. В связи с этим на данном этапе исследований решалась задача оптимизации длины армирующего волокна и температуры переработки ОП именно такого состава.

Для этого использовали математические методы планирования экспериментов [8], а именно: ортогональный план 2-го порядка  $3^2$ .

В качестве параметра оптимизации рассматривали ударную вязкость ( $\alpha$ ) как наиболее чувствительный показатель к изменениям температуры переработки и длины волокна.

В табл. 1 приведены основные уровни изменения двух факторов при изучении влияния температуры прессования и длины волокна на ударную вязкость органопластиков.

Т а б л и ц а 1

**Уровни переменных в условном и натуральном масштабах**

Фактор		Среднее значение	Шаг варьирования	Значение уровней переменных, соответствующие усл. ед.		
				-1	0	+1
Т, К	$x_1$	600,5	7,5	593	600,5	608
l, мм	$x_2$	5,5	4,5	1	5,5	10

Согласно принятому плану полного факторного эксперимента (табл. 2) всего было проведено 9 опытов ( $N = 9$ ), каждый из которых повторяли трижды ( $k = 3$ ) в случайном порядке для исключения систематических ошибок.

Т а б л и ц а 2

**Схема ортогонального планирования эксперимента, результаты механических испытаний органопластиков и расчетные значения параметра оптимизации**

Планирование, усл. единицы		Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>		Ошибка, %
$x_1$	$x_2$	$\bar{y}_j$	$\hat{y}_j$	
- 1	- 1	15,7	15,1	3,6
+ 1	- 1	15,8	15,4	2,6
- 1	+ 1	29,4	28,9	1,6
+ 1	+ 1	35,4	35,0	0,9
0	0	32,4	32,1	0,9
+ 1	0	27,2	27,6	1,6
- 1	0	23,7	24,4	3,1
0	+ 1	37,6	38,1	1,3
0	-1	20,7	21,4	3,2

Математическое описание рассматриваемого процесса предполагалось искать в виде уравнения регрессии

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2.$$

На основании полученных экспериментальных данных рассчитывали среднее значение функции отклика

$$\bar{y}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_{ji},$$

где ( $j = 1, 2, \dots, N$ ) и дисперсии параллельных опытов  $S_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (y_{ji} - \bar{y}_j)^2$ .

Проверку однородности полученных дисперсий проводили по критерию Кохрена ( $G$ )

$$G_p = \frac{\max S_j^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}.$$

Расчетные значения сравнивали с табличными для степени свободы  $f_1 = k - 1$  и  $N = 9$  при доверительной вероятности  $P = 0,95$  (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

#### Результаты статистического анализа математической модели

Параметр оптимизации	$G_p$	$G_T$	$S_y^2$	$S_{ад}^2$	$F_p$	$F_T$
Ударная вязкость	0,320	0,478	1,848	2,910	1,24	3,16

Дисперсии параллельных опытов оказались однородными, что позволило определить дисперсию воспроизводимости эксперимента  $S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_j^2$  (см. табл. 3), с которой связано число степеней свободы  $f_2 = N(k - 1)$ , а также рассчитать коэффициенты уравнения для двух переменных. После расчета всех коэффициентов уравнение принимает следующий вид:

$$y = 32,12 + 1,61x_1 + 8,35x_2 + 1,45x_1x_2 - 6,1x_1^2 - 2,41x_2^2.$$

Полученное уравнение проверяли на адекватность. Для этого оценивали отклонения значений параметра оптимизации  $\hat{y}_j$ , рассчитанные по уравнению от экспериментальных  $\bar{y}_j$  для каждого из опытов осуществляемого эксперимента, что позволило определить дисперсию адекватности (см. табл. 3) для равного числа параллельных опытов по формуле

$$S_{ад}^2 = \frac{k}{N - B} \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2,$$

где  $B$  – число коэффициентов уравнения. С ней также связано число степеней свободы  $f_{ад} = N - B$ .

Адекватность уравнения оценивали с помощью критерия Фишера ( $F$ )

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2}$$

Как видно из табл. 3, при уровне значимости 0,05 рассматриваемое уравнение является адекватным.

Полученная математическая модель для наглядности и дальнейшего анализа была представлена графически в виде поверхности отклика, которая также спроецирована на плоскость в виде совокупности линий равных значений параметра оптимизации (рис.).

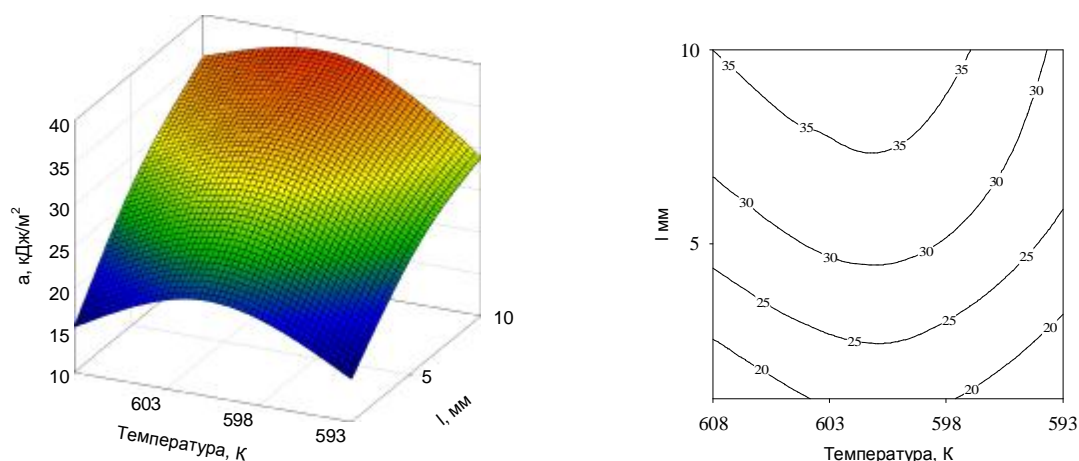


Рис. Влияние температуры прессования и длины волокна Аримид на величину ударной вязкости органопластиков

### Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено:

1. Полученное математическое описание дает возможность определить теоретические значения ударной вязкости, которые отличаются от экспериментальных данных на 0,9...3,6 %, что не превышает разброс данных при экспериментальном определении ударной вязкости.

2. Оптимальная температура переработки ОП на основе ароматического полиамида фенилон С-1 находится в пределах 598...603 К. Длина армирующего волокна Аримид Т должна быть не менее 5 мм.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОВЖИНИ ВОЛОКНА АРИМІД І ТЕМПЕРАТУРИ ПЕРЕРОБКИ НА УДАРНУ В'ЯЗКІСТЬ ОРГАНОПЛАСТИКІВ

**О.І. Буря, Е.В. Ткаченко, О.Ю. Кузнецова**

Методом математичного планування досліджено вплив довжини волокна Аримід-Т та температури пресування на ударну в'язкість органопластиків на основі ароматичного поліаміду фенілон С-1.

### INVESTIGATION of ARIMIDE-T FIBER LENGTH and MOLDING TEMPERATURE INFLUENCE on the ORGANOPLASTICS IMPACT STRENGTH

**A. Burya, E. Tkachenko, O. Kuznetsova**

The influence of Arimide-T fiber length and molding temperature on the impact strength of organoplastics materials on the aromatic polyamide phenilon C-1 base were investigated by means of the mathematical modeling.

### Список использованных источников

1. Буря А.И. Исследование влияния содержания волокна Аримид и температуры переработки на ударную вязкость органопластиков / А.И. Буря, О.Ю. Кузнецова, Э.В. Ткаченко // Сб. тр. XIX Междунар. науч.-техн. конф. «Машиностроение и техносфера XXI века», Донецк, 17 - 22 сент. 2012. - Донецк: ДонНТУ, 2012. – Т. 1. – С. 118 - 121.

2. *Евсеев А.В.* Совершенствование методов моделирования течений с химическими превращениями и их реализация на графических процессорах : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / Евсеев Александр Владимирович; Ивановский гос. энергет. ун-т им. В.И. Ленина. – Иваново, 2011. – 18 с.

3. *Буря О.І.* Полімерні композити: одержання, властивості, застосування / О.І. Буря. – Дніпропетровськ: Літограф, 2010. – 383 с.

4. *Буря А.И.* Армирование пластика из фенилона термостойкими волокнами / А.И. Буря, Т.С. Соколова, З.Г. Оприц // Химические волокна. – 1977. – № 3. – С. 23 - 24.

5. *Перепелкин К.Е.* Армирующие волокна и композиционные материалы на их основе / К.Е. Перепелкин, Г.Н. Кудрявцев // Химические волокна. – 1981. – № 5. – С. 5 - 12.

6. *Черкасова Н.Г.* Реактопласты, хаотично армированные химическими волокнами / Н.Г. Черкасова, А.И. Буря. – Днепропетровск: ИМА-пресс, 2011. – 234 с.

7. Пат. 19275 Украина, МПК<sup>51</sup> C08L 77/00. Полимерная композиция / Буря А.И., Арламова Н.Т., Ткаченко Э.В., Оприц З.Г.; заявитель и патентообладатель Днепр. Ордена Трудового Красного Знамени гос. аграрн. ун-т. – № U2006 05846; заявл. 29.05.06; опубл. 15.12.06, Бюл. № 12. – 4 с.

8. *Евдокимов Ю.А.* Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа / Ю.А. Евдокимов, В.И. Колесников, А.И.Тетерин. – М.: Наука, 1980. – 228 с.

Надійшла до редакції 04.02.2013 р.

УДК 66.081:544.135

## СОРБЦИЯ КОБАЛЬТА КРАУН-ЭФИРАМИ, ИММОБИЛИЗИРОВАННЫМИ В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ

**В.С. Маник<sup>1</sup>, И.И. Довгий<sup>2</sup>, А.Ю. Ляпунов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Государственное учреждение «Севастопольский городской лабораторный центр государственной санитарно-эпидемиологической службы Украины»*

<sup>2</sup>*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности*

<sup>3</sup>*Физико-химический институт им. А.В. Богатского НАН Украины*

Исследованы сорбционные свойства сорбентов на основе бензо-15-краун-5, 7-тиа-бензо-15-краун-5 и дибензо-18-краун-6 при извлечении кобальта, а именно определены коэффициенты распределения, емкость сорбента, степень извлечения кобальта, закономерность изменения коэффициента распределения в зависимости от pH исходного раствора и наличия комплексообразователей.

### Введение

Для извлечения и концентрирования кобальта из водных растворов наиболее часто используют процессы экстракции и сорбции. При этом селективное и количественное извлечение кобальта является до сих пор не решенной научной и технической задачей. Решение этой проблемы для ряда металлов, в том числе стронция, было выполнено с использованием сорбентов на основе краун-эфиров [1 - 3].