

2. Фленов М. Библия Delphi (3-е издание) // СПб.: БХВ-Петербург, 2012 – 688 с.
3. Осипов Д. Л. Delphi. Программирование для Windows, OS X, iOS и Android // СПб.: БХВ-Петербург, - 2014. – 464 с.
4. Пестриков В., Маслобоев А. Delphi на примерах // СПб.: БХВ-Петербург, 2012 – 496 с.

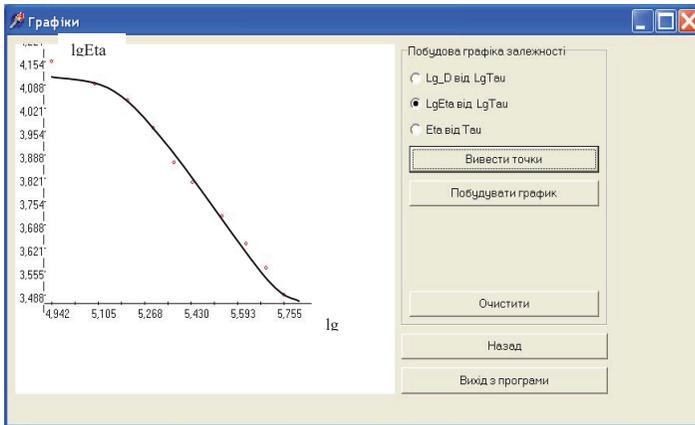


Рисунок 1 - Програмне зображення залежності  $\lg \eta = f(\lg \tau)$

РЕЗАНОВА В.Г., ХАЙЛОВСЬКА А.Д.  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ  
ВОЛОКНОУТВОРЕННЯ**

REZANOVA V.G., KHAYLOVSKA A.D.  
**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR CHECKING ADEQUACY OF THE  
MATHEMATICAL MODEL OF FIBERFORMATION**

*Purpose and tasks. The purpose of the work is to create software for checking the adequacy of regression mathematical models for the study of three-component polymer mixtures for the implementation of the process of specific fiber formation*

*The task is to study the adequacy of the model by the method of checking the proper linear hypothesis. Software development in C ++ language in the Borland Builder environment.*

*Object and subject of research. Object of research - specific fiber formation. It is realized under appropriate conditions under the flow of molten polymer mixtures. It is based on micro-regional processes - such as the deformation of the droplets of the disperse phase component and the combining of liquid jets in the direction of flow.*

*Subject of research - the process of automated verification of the adequacy of the model.*

## Вступ

В сучасному житті важливу роль відіграють полімери. Ступінь використання цих високомолекулярних сполук є одним з важливих критеріїв оцінки рівня науково-технічного прогресу в країні. Світовий досвід свідчить, що раціональним рішенням проблеми створення нових матеріалів із унікальними характеристиками є змішування полімерів.

Специфічне волокнуутворення реалізується у відповідних умовах при течії розплавів сумішей полімерів. Утворення мікрОВОЛОКОН з одного полімеру в матриці іншого має назву специфічне волокну утворення. Результати авторів з дослідження цього процесу відносяться до питань математичного моделювання поведінки кількісних характеристик специфічного волокнуутворення, що надає можливість описувати вже існуючі закономірності, а також прогнозувати поведінку процесу на інших (ще не досліджених) сумішах полімерів. Зауважимо, що практичне використання математичної моделі можливе лише після перевірки її адекватності.

### Постановка завдання

Досліджуємо трикомпонентну сумішеву систему, яка складається із двох полімерів (волокнуутворюючий – поліпропілен (ПП) та матричний – співполіамід (СПА)) та добавки-компатибілізатора (поліетилсилоксан (ПЕС-5)). Вмісти компонентів суміші (в долях одиниці):  $x_1$  – вміст ПП;  $x_2$  – вміст СПА;  $x_3$  – вміст ПЕС-5 ( $x_1 + x_2 + x_3 = 1$ ). Контроль якості отриманого полімерного композиту відбувається за наступними показниками:  $y_1$  – середній діаметр мікрОВОЛОКОН (мкм);  $y_2$  – масова частка безперервних волокон (%);  $y_3$  – масова частка коротких волокон (%).

Задача математичного моделювання в даній роботі полягає у встановленні залежності між однією групою змінних (незалежних змінних, факторів) та іншою групою змінних (залежних змінних, функцій відгуку). Ми оцінюємо параметри обраної моделі, перевіряємо її адекватність і, у випадку позитивного вирішення останнього питання, робимо висновок про можливість застосування побудованої моделі до тих питань, для яких вона і була побудована.

### Основна частина

Для побудови моделі (1) обираємо неповний кубічний поліном, оскільки дані літератури свідчать, що такі функції досить якісно описують поведінку трикомпонентних сумішевих систем [1, 2]. Відповідно до методики планування експерименту із сумішами використовуємо симплексно-гатковий план [1, 2]. Останній забезпечує рівномірний розкид експериментальних точок на області, що являє собою симплекс відповідної розмірності (для трикомпонентної суміші це правильний трикутник на площині). Оскільки на вміст компонентів суміші умовами задачі

накладаються певні обмеження, на повному симплексі програмним чином виділяємо підобласть, що відповідає цим обмеженням, а потім всередині виділеної підобласті обираємо область, «подібну» вихідному симплексу, тобто трикутник (хоча і не обов'язково правильний). Відповідно до симплексно-граткового підходу для неповної кубічної моделі [1, 2], для побудованого трансформованого симплексу маємо сім точок плану експерименту. Для забезпечення можливості в подальшому використовувати методи регресійного аналізу моделі, зокрема – перевірки її адекватності, додаємо до плану ще одну точку.

Серед методів перевірки адекватності лінійної моделі даних досить поширеним є метод, що полягає в порівнянні оцінок дисперсій похибок, що одержані, з одного боку, з застосуванням даної моделі, а з іншого — незалежним шляхом. Це є еквівалентним перевірці деякої лінійної гіпотези за допомогою обчислення і аналізу відповідного F-відношення Фішера.

Нехай  $x_1, x_1, \dots, x_m$  — різні точки спостережень (вектори-рядки), причому хоч в одній з них кількість спостережень більше ніж 1. Зазначена F-статистика має вигляд  $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$  де  $S_1^2 = \frac{1}{m-p} \sum_{i=1}^m n_i (\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2$ ,

$$S_2^2 = \frac{1}{n-m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 \quad Y_{i1}, \dots, Y_{in_i}, i = 1, \dots, m - \text{значення вихідної змінної,}$$

що спостерігались в точці  $x = x^i$ ;  $n_i$  - кількість дослідів  $i$ -й точці.

Якщо  $m > p$ , то відношення вигляду  $\frac{S_1^2}{S_2^2}$  (варіант з сукупності F-відношень) має розподіл Фішера  $F(m-p, n-m)$  [4]. Згідно з загальними положеннями [4] гіпотеза про адекватність моделі  $\hat{y}$  не приймається при рівні значущості  $\alpha$ , якщо вказане відношення перевищує квантиль рівня  $1 - \alpha$  вказаного розподілу. Зазначені дії реалізуються розробленим програмним забезпеченням.

Знаходимо F-відношення для моделі, побудованої в [3]. Для всіх вихідних змінних моделі [3] за допомогою створеного програмного додатку [5] отримуємо значення, що наведено на рис. 1.

Далі приймаємо рішення з приводу гіпотези про адекватність нашої математичної моделі. У даному випадку маємо: для  $\alpha = 0.01$   $F(m-p, n-m) = F(8-7, 24-8) = F(1, 16) = 8.531$ . Бачимо, що для всіх  $y$  з тестової моделі розраховане відношення  $\frac{S_1^2}{S_2^2}$  менше за значення  $F(m-p, n-m)$ . Отже, гіпотеза про адекватність моделі може бути прийнята.

### Висновки

За допомогою спеціально створеного програмного забезпечення здійснено перевірку адекватності математичної моделі специфічного

волокноутворення шляхом перевірки відповідних лінійних гіпотез. Модель виявилась адекватною, що дає підстави для її використання у подальших дослідженнях, зокрема – для прогнозування поведінки системи, а також для оптимізації її параметрів. Крім того, створене програмне забезпечення може бути застосоване до більш широкого класу задач.

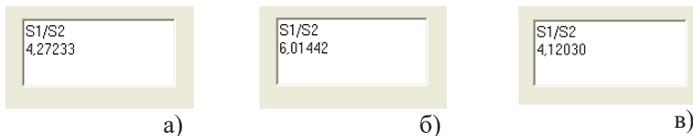


Рисунок. 1- Відношення  $\frac{S_1}{S_2}$ , отримане в програмному додатку для  $y_1$  (а),  $y_2$  (б) та  $y_3$  (в)

### Література

1. Rezanova N.M., Rezanova V.G., Plavan V.P., Viltaniuk O.O. The influence of nano-additives on the formation of matrix-fibrillar structure in the polymer mixture melts and on the properties of complex threads // *Vlákna a textil* (Bratislava, Slovak Republic) - №2, 2017. - p. 37-42
2. Rezanova N.M., Plavan V.P., Rezanova V.G., Bohatyrov V.M. Regularities of producing of nano-filled polypropylene microfibers // *Vlákna a Textil*. –2016. – No 4. – P. 3-8.
3. Резанова В.Г. Програмне забезпечення для математичного моделювання специфічного волокноутворення // *Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві*. Збірник наукових праць молодих вчених, аспірантів, магістрів кафедри інформаційних технологій проектування. – К. : Освіта України, 2017
4. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Вильямс, 2016. – 912 с.
5. Мейерс С. Эффективный и современный C++. М.: Вильямс, 2016. - 304 с.

РЕЗАНОВА В.Г., ГОЛОДОВ Д.В.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ МІКРОФІБРИЛЯРНИХ СТРУКТУР

REZANOVA V.G., GOLODOV D.V.

#### RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR CREATION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF FORMATION OF MICROFIBRILLAR STRUCTURES

*Purpose and tasks. The purpose of the work is the mathematical modeling and software development for the investigation of fiber formation processes.*

*To achieve the goal, the following tasks need to be solved: according to the theory of experiment planning, develop a plan for a given subject area. According to the results of experiments, construct mathematical models of the dependence of the optimization criteria on the input factors of the problem.*