

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.

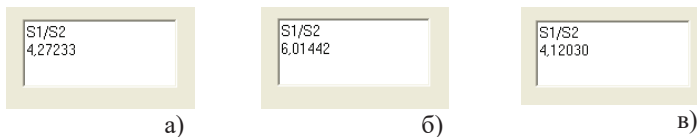


Рисунок. 1- Відношення $\frac{S_1^2}{S_2^2}$, отримане в програмному додатку для y_1 (а), y_2 (б) та y_3 (в)

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.

Object and subject of research. Object of research - Object of research - the process of formation of microfibrillar structures. It is realized under the 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.

The subject of research is the planning of an experiment for this process and its mathematical modeling.

Software development that implements all of the above steps will streamline the work of the researcher. It will be possible without building a cumbersome manual calculation to build different models and compare them. Ultimately, the use of mathematical and informational methods opens up opportunities for further research and obtaining important practical results. In particular, mathematical models can be used to optimize process parameters and predict its behavior in the future.

Вступ

Ступінь використання полімерів 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.

Формування мікроволокон переробкою розплаву суміші полімерів – простий ефективний метод одержання комплексних ниток і штапельних волокон з діаметрами від десятих долей до декількох мікрометрів [1, 2, 3]. Одним із класичних методів впливу на міжфазні явища є введення третього компоненту – компатибілізатора, що сприяє підвищенню взаємодії між фазами та утворенню більш тонкої стабільної дисперсії і, як наслідок, приводить до покращення процесу волокнутоутворення.

Постановка завдання

Дослідження описаних явищ здійснюється в основному дослідним шляхом, теоретичні методи використовуються суттєво менше. Але математичне моделювання цих процесів є важливим з точки зору можливості отримання теоретично обґрунтованих практичних результатів.

Побудову математичної моделі залежності критеріїв оптимізації від вхідних факторів будемо здійснити, застосувавши теорію планування експерименту [4].

Основна частина

Експеримент, в якому реалізуються усі можливі поєднання рівнів всіх незалежних змінних (факторів) - це повний факторний експеримент. Математична модель, що може бути побудована за результатами експериментів і описує процеси, що відбуваються при гідролізі залежно від вхідних факторів, знаходимо у вигляді поліному неповного третього порядку, оскільки дані літератури свідчать, що такі функції досить якісно описують поведінку трикомпонентних сумішевих систем [1, 2, 3]. Відповідно до методики планування експерименту із сумішами

використовуємо симплексно-гатковий план [4]. 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). [4]:

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{123} x_1 x_2 x_3$$

де: $\beta_1, \beta_{ij}, \beta_{ijk}$ – невідомі коефіцієнти поліному;

x_1, x_2, x_3 – фактори (вхідні параметри) процесу, а саме: x_1 – вміст волокно утворюючого компоненту; x_2 – вміст матричного компоненту; x_3 – вміст компатибілізатора;

y_1, y_2, y_3 – вихідні параметри процесу, а саме: y_1 – середній діаметр мікрОВОЛОКОН; y_2 – масова частка безперервних ВОЛОКОН; y_3 – масова частка коротких ВОЛОКОН.

Перетворимо модель до вигляду узагальненої лінійної залежності:

$$\hat{y} = \beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \beta_3 z_3 + \beta_{12} z_{12} + \beta_{13} z_{13} + \beta_{23} z_{23} + \beta_{123} z_{123},$$

де $z_{12}=x_1x_2$; $z_{13}=x_1x_3$; $z_{23}=x_2x_3$; $z_{123}=x_1 x_2x_3$.

Невідомі коефіцієнти, які необхідно обчислити за результатами експерименту, будемо шукати за методом найменших квадратів (МНК) в матричному вигляді [4].

Нехай

$$X = \begin{pmatrix} x_{00} & x_{01} & \dots & x_{0p} \\ x_{10} & x_{11} & \dots & x_{1p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n0} & x_{n1} & \dots & x_{np} \end{pmatrix} \text{ – матриця плану, де } n \text{ – кількість точок плану, } p \text{ –}$$

кількість факторів;

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} \text{ – вектор-стовпчик значень залежної змінної (параметра}$$

оптимізації), що спостерігаються у певних точках плану;

$$b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix} \text{ – вектор-стовпчик невідомих коефіцієнтів.}$$

Тоді, згідно з МНК: $b = (X'X)^{-1}X'Y$, де «штрих» означає операцію транспонування.

Знайдені за допомогою програмного забезпечення [5, 6] коефіцієнти – компоненти вектора b – вказують на силу впливу окремих чинників на результат. Побудовану модель необхідно перевірити на адекватність, після чого можна використовувати її для подальших наукових досліджень.

Висновки

Розробка програмного забезпечення, що реалізує всі вищеписані кроки, дозволить раціоналізувати роботу дослідника. З'явиться можливість без проведення громіздких ручних розрахунків будувати різні моделі і порівнювати їх. В кінцевому рахунку – застосування математичних та інформаційних методів відкриває можливості для подальших наукових досліджень та отримання важливих практичних результатів. Зокрема – математичні моделі можуть бути використані для оптимізації параметрів процесу та для прогнозування його поведінки у майбутньому.

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 волокнуотворення // *Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві*. Збірник наукових праць молодих вчених, аспірантів, магістрів кафедри інформаційних технологій проектування. – К. : Освіта України, 2017
4. Сидняев Н. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. – М.: Юрайт, 2012, 400 с.
5. Stroustrup B. *Programming: Principles and Practice Using C++* (2nd Edition). Addison-Wesley Professional, 2014. – 1312 p.
6. Мейерс С. *Эффективный и современный C++*. М.: Вильямс, 2016. - 304 с.

РЕЗАНОВА В.Г., В.М. КРАСОВ В.М.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ МІКРОСКОПІЙ ПРОЦЕСІВ ВОЛОКНОУТВОРЕННЯ

REZANOVA V.G., KRASOV V.M.

SOFTWARE FOR RESEARCH AND PROCESSING OF MICROSCOPY DATA
OF FIBER-FORMATION PROCESSES