

РЕЗАНОВА В.Г., ВАСИЛЮК А.М.

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
ПРОЦЕСІВ ДЕСТРУКЦІЇ ПРОДУКТІВ УТИЛІЗАЦІЇ ШКІРЯНОЇ
ПРОМИСЛОВОСТІ**

REZANOVA V. G., VASILYUK A.M.

**MATHEMATICAL MODELING AND SOFTWARE DEVELOPMENT
FOR RESEARCH OF PROCESSES OF DESTRUCTION PRODUCTS RECYCLING
LEATHER INDUSTRY**

The purpose of work is mathematical modeling and software development to study the processes of destruction products of recycling leather industry. To achieve the goal should be to solve the following problem: according to the theory of experiment planning, develop a plan for this problem. By the results of the experiments construct mathematical models of optimization criteria depending on the input factors of the problem.

The object of study - the process of destruction products of recycling leather industry. Subject of research - experimental research for this process and its mathematical modeling.

Research is based on the basic theory of planning experiment and mathematical modeling. As a method of building models using the method of least squares in matrix form.

The software to create mathematical models of the main parameters of the destruction products leather industry utilization of input factors was carried out.

Keywords: planning of experiment, matrix of plan, method of least squares, software.

Вступ

Останнім часом відбувається постійне розширення галузі застосування методів математичного планування експерименту. Ці методи з успіхом використовуються для підвищення ефективності експериментальних досліджень, пошуку оптимальних технологічних режимів виробничих процесів, вибору конструктивних параметрів виробу, складу багатокомпонентної суміші тощо.

У наш час більшість технологій переробки відходів шкіряної промисловості дуже трудомісткі та енергозатратні, внаслідок чого десятки тисяч тон відходів шкіряного виробництва накопуються на звалищах, чим наноситься велика шкода довкіллю. Всі ці відходи можуть бути використані для виробництва гідролізатів, білкового добрива, штучної шкіри та ін. [1].

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. Тому постає задача побудови математичної моделі та розробки програмного забезпечення для автоматизації цього процесу.

Основна частина

Побудову математичної моделі залежності критеріїв оптимізації від вхідних факторів можна здійснити, застосувавши теорію планування експерименту [2], [3].

Експеримент необхідно поставити так, щоб при мінімальній кількості дослідів, варіюючи значення незалежних змінних за спеціально сформульованими правилами, побудувати математичну модель системи і знайти оптимальні значення властивостей системи.

Експеримент, в якому реалізуються усі можливі поєднання рівнів всіх незалежних змінних (факторів) - це повний факторний експеримент. Коли число рівнів рівняється двом, то це повний факторний експеримент типу 2^k . Умови експерименту представляють у вигляді таблиці - матриці планування, де рядки відповідають певним дослідом, а стовпці - значенням чинників. Геометрична інтерпретація повних факторних планів: план 2^2 задається координатами вершин квадрата, план 2^3 - координатами вершин куба, при $k > 3$ - координатами вершин гіперкуба.

Знаходження моделі методом ПФЕ складається з:

- планування експерименту;
- власне експерименту;
- перевірки відтворюваності (однорідності вибіркової дисперсії);
- утворення математичної моделі об'єкта з перевіркою статистичної значущості вибіркового коефіцієнта регресії;
- перевірки адекватності математичного опису.

Вибір факторів, параметрів оптимізації і моделей відбувається з урахуванням мети дослідження. 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 [2]:

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

де: $\beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ijk}$ - невідомі коефіцієнти поліному;

x_1, x_2, x_3 - фактори (вхідні параметри) процесу, а саме: x_1 - концентрація ферменту; x_2 - температура; x_3 - тривалість процесу гідролізу;

y_1, y_2 - вихідні параметри процесу.

До параметру оптимізації висувають ряд вимог:

- ефективність з точки зору досягнення мети (тобто параметр оптимізації повинен оцінювати функціонування системи в цілому, а не окремих її підсистем);
- універсальність (здатність до всебічної характеристики об'єкта дослідження);
- кількісний вираз одним числом;
- наявність фізичного смислу;
- простота і доступність обчислення.

Оберемо в якості параметрів: y_1 – ступінь гідролізу; y_2 – вміст сухого залишку в гідролізаті.

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 $z_{12}=x_1x_2$; $z_{13}=x_1x_3$; $z_{23}=x_2x_3$; $z_{123}=x_1x_2x_3$.

Невідомі коефіцієнти, які необхідно обчислити за результатами експерименту, будемо шукати за методом найменших квадратів (МНК) в матричному вигляді [3], суть якого полягає у наступному. Нехай виконується n експериментів, в кожному з яких незалежним змінним (факторам) x надаються певні значення, і при цьому одержуються деякі значення залежної змінної y . Нехай $x^i = (x_1^i, \dots, x_p^i)$ набір значень незалежних змінних, що було надано їм в i -му експерименті, y_i – відповідні значення залежної змінної. Згідно з МНК в якості оцінки вектора параметрів $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_m)$ береться такий вектор $b = (b_1, \dots, b_m)$ при якому сума $S(\beta) = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x^i; \beta)]^2$ приймає мінімальне значення по β .

Нехай X – матриця плану, де n – кількість точок плану, p – кількість факторів; Y – вектор-стовпчик значень залежної змінної (параметра оптимізації), що спостерігаються у певних точках плану; b – вектор-стовпчик невідомих коефіцієнтів. Тоді, згідно з МНК: $b = (X'X)^{-1} X'Y$, де «штрих» означає операцію транспонування.

Знайдені 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 вищеописані 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. Коляда М.К. Властивості колагенового гідролізату, отриманого із безхромових шкіряних відходів / М.К. Коляда, В.П. Плаван, В.З. Барсуков // Вісник КНУТД. – 2014. – № 2 (76). – С. 11-16.

2. Бондарь А. Г., Статюха Г. А., Потяженко И. А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии. – Киев, Высшая школа, 1980, 264 с.
3. Сидняев Н. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. – М.: Юрайт, 2012, 400 с.
4. Мейерс С. Эффективный и современный C++. М.: Вильямс, 2016. – 304 с.

РЕЗАНОВА В.Г., ГУДАК М.М.

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ
ДЕСТРУКЦІЇ ПРОДУКТІВ УТИЛІЗАЦІЇ ШКІРЯНОЇ
ПРОМИСЛОВОСТІ**

REZANOVA V. G., GUDAK M.M.

**SOFTWARE TO OPTIMIZE PARAMETERS OF DESTRUCTION OF UTILIZATION PRODUCTS
OF LEATHER INDUSTRY**

The purpose of the work is to develop the software for optimizing the parameters of degradation products of recycling leather industry. To achieve the purpose should address the following objectives: simplify and transformation the task and and make enable further solve; analysis and selection method; creating special software for automation solutions.

The object of the research is the process of degradation products of recycling leather industry. The subject of the study is to optimize the parameters of the process.

The study is based on the main provisions of mathematical modeling and numerical methods of conditional optimization of multi-task problems; gradient method; method of penalty functions.

Created software to optimize the parameters of degradation products of recycling leather industry.

Keywords: optimization problem, multicriteria problem, conditional optimization, gradient method, software.

Вступ

У наш час більшість технологій переробки відходів шкіряної промисловості є дуже трудомісткими та енергозатратними. Внаслідок цього десятки тисяч тон відходів шкіряного виробництва закопуються на звалищах та кар'єрах, чим наноситься велика шкода довкіллю. Але всі ці відходи можуть бути перероблені та використані для виробництва малярного клею, білкового добрива, шкіркартонів, штучної шкіри та ін. [1].

Постановка завдання

Дослідження процесів утилізації здійснюється в основному дослідним шляхом, теоретичні методи суттєво відстають. Але використання математичних методів є важливим з точки зору можливості отримання теоретично обґрунтованих практичних результатів, а знання оптимальних умов реалізації процесу дозволить ефективно керувати ним. Тому постає задача створення програмного забезпечення для оптимізації параметрів процесу.