

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ СТЕРЖНЯ ПЕРА РИФЛЕННЫМ ВАЛКОМ

Чертов Ю.Е.¹, Галатов К.С.¹, Молев М.Д.¹

¹ФГБОУ ВПО Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) «Донской государственный технический университет», в г. Шахты Россия (346500, Шахты, ул. Шевченко д. 147), e-mail: mail@sssu.ru

Статья посвящена исследованию технологии повышения наполнительной способности перовой массы, заключающейся в прокатки стержней перьев рифленным валком на плоскости для формирования на их вогнутой стороне проминов, обеспечивающих дополнительный изгиб. Проведен анализ объекта исследования и факторного пространства. Рассматривались следующие влияющие на наполнительную способность конструктивные параметры рифленого валка: высота рифлей; шаг рифления; ширина вершины рифли, угол профиля рифли, диаметр вершин рифлей, радиус закругления впадины между рифлями, радиус закругления вершины рифли, а также сила давления на стержень пера при прокатке, определяемая зазором между вершиной рифли и контактной поверхностью. В качестве параметра оптимизации выбран показатель Fill Power (F.P.) перовой массы, значимые факторы – шаг рифления, ширина вершины рифли, зазор между вершиной рифли и опорной плоскостью. Регрессионная модель процесса получена с применением центрального ротatable композиционное планирование по плану Бокса – Уилсона, как наиболее отвечающее специфике решаемой задачи. По регрессионной модели определены рациональные конструктивные параметры рифлёного валка, обеспечивающие повышение показателя F.P. на $23 \pm 5,5$ %.

Ключевые слова: показатель F.P., рифлёный валок, факторное пространство, регрессионная модель.

REGRESSION ANALYSIS OF THE DEFORMATION PROCESS OF THE FEATHER CORE CORRUGATED ROLL

Chertov Y. E.¹, Galatov K. S.¹, Molev M. D.¹

¹Institute of the service sector and entrepreneurship (branch) DSTU, (346500, Rostov reg., Shakhty, Shevchenko Str., 147), e-mail: mail@sssu.ru

The article is devoted to technologies of improving the filling ability of feather mixture, which consists in rolling the feathers corrugated roll on a plane to form a concave side of dint providing additional bending. The analysis of the research object and the factor space. We considered the following affecting the filling ability of the design parameters of corrugated roller: corrugation height; step serration; the width of the peaks of the grooves, the angle of the profile grooves, the diameter of the corrugation peaks, the radius of curvature of the cavity between the ruffles, radius grooves, and pressure force on the shaft of feathers when rolling, defined by the gap between the top of the ruffles and the contact surface. As an optimization parameter selected measure Fill Power (F. P.) feather mixture, significant factors – pitch corrugations, the width of the top of the ruffles, the gap between the top of the ruffles and the support plane. The regression model obtained using the Central rotatable compositional scheduling plan of WO – Wilson, as the most tailored for the problem at hand. For the regression model defined rational design parameters of the grooved roll, providing the increase of F. P. $23 \pm 5,5$ %.

Keywords: indicator Fill Power, grooved roll, factor space, the regression model

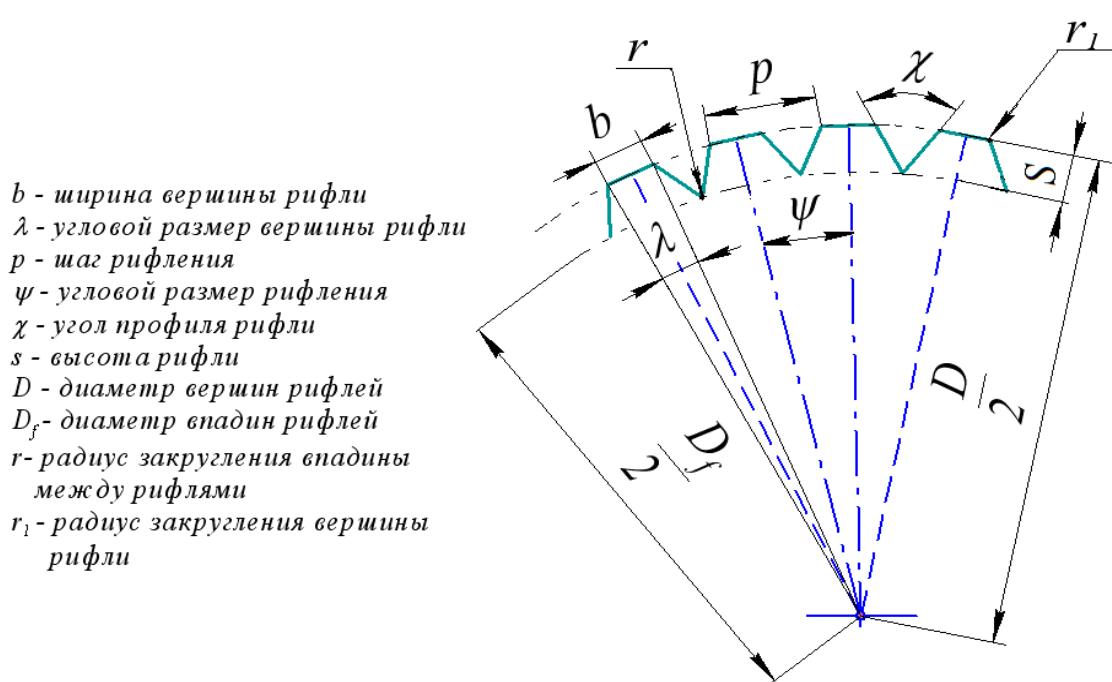
При производстве перо-пуховых изделий себестоимость снижают за счет применения в составе наполнителей куриного пера. Для увеличения наполнительной способности перовой массы используют различные способы обработки. [1] При этом свойство перопухового сырья занимать определенный объем при стандартной нагрузке, в соответствии с Европейским стандартом качества DIN EN 12934 European Standard, характеризует показатель Fill Power (F.P.). Расширение ассортимента швейных изделий с

куриным пером достигают применением механической деформации стержней перьев, заключающейся в их прокатке между парой валков [6,7], или в прокатке рифленным валком на подающей транспортерной ленте [3,4,5].

Деформация происходит в зазоре между вершиной рифли валка и контактной поверхностью под действием сжимающей нагрузки, в результате на вогнутой поверхности стержней перьев формируются промины, придающие ему дополнительный изгиб. Рабочим органом устройств, реализующих эти технологии, является рифленный валок. Рекомендации по определению его диаметра приведены в работе [2]. Остальные конструктивные параметры рифленного валка целесообразно уточнить в результате регрессионного анализа процесса деформации, реализуемого на лабораторной установке. Конструкция установки предусматривает установку рифленных валков с различными параметрами. Величина зазора, в котором происходит деформация, регулируется с помощью микровинта с лимбом (цена деления 0,01 мм). Контактная поверхность обработана шлифованием (R_a 0,63 мкм).

При разработке регрессионной модели процесса деформации стержня пера рифленным валком на плоскости в качестве параметра оптимизации целесообразно рассматривать показатель F.P. перовой массы, состоящей из деформированных перьев (Y).

Факторами, влияющими на параметр оптимизации, в общем случае, являются параметры рифленного валка: шаг рифления; угол профиля рифли, ширина вершины рифли, высота рифлей; диаметр вершин рифлей, диаметр впадин рифлей, радиус закругления впадины между рифлями, радиус закругления вершины рифли (см. рисунок 1), а также, зазор между вершиной рифли и контактной поверхностью, определяющий силу давления на стержень пера при прокатке.



- b - ширина вершины рифли
- λ - угловой размер вершины рифли
- p - шаг рифления
- ψ - угловой размер рифления
- χ - угол профиля рифли
- s - высота рифли
- D - диаметр вершин рифлей
- D_f - диаметр впадин рифлей
- r - радиус закругления впадины между рифлями
- r_1 - радиус закругления вершины рифли

Рис.1. Конструктивные параметры рифленого валка

В результате анализа факторного пространства объекта исследования определены значимые факторы: шаг рифления (p); ширина вершины рифли (b); зазор между вершиной рифли и контактной поверхностью (h).

На основании результатов известных исследований [8,2] и анализа процесса механической деформации стержня куриного пера путем прокатки рифленным валком выбраны следующие области варьирования значимых факторов, мм: $2 \leq p \leq 4$; $0,25 \leq b \leq 1$; $0,04 \leq h \leq 0,06$. Уровни и интервалы варьирования факторов в кодированных и в соответствующих им реальных переменных представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Уровни варьирования			Интервалы варьирования, I_i
	-1	0	1	
p – шаг рифления, мм	2	3	4	1
b – ширина вершины рифли, мм	0,25	0,625	1	0,375
h – зазор между вершиной рифли и поверхн., мм	0,04	0,05	0,06	0,01

Уровни варьирования факторов p и b обеспечивались использованием набором сенных рифленых валков (см. рисунок 2).



Рис.2. Параметры сменных рифленых валков

Для исследования процесса деформации использовали центральное рототабельное композиционное планирование (РЦКП) по плану Бокса – Уилсона, как наиболее отвечающее специфике решаемой задачи. Матрица планирования РЦКП после рандомизации в кодированных переменных и результаты эксперимента после прокатки приведены в таблице 2.

Таблица 2

Матрица планирования РЦКП после рандомизации в кодированных переменных и результаты эксперимента после прокатки

№ опыта	x ₁	x ₂	x ₃	Параметр оптимизации Y
13	–	–	–	148
4	–	–	+	150
3	–	+	–	165
19	–	+	+	147
21	+	–	–	155
8	+	–	+	170
5	+	+	–	147
2	+	+	+	147
23	0	–	–	169
15	0	–	+	168
9	0	+	–	170
12	0	+	+	164
16	–	0	–	161
22	–	0	+	148
1	+	0	–	154
20	+	0	+	161
7	–	–	0	166
17	–	+	0	165
14	+	–	0	168
6	+	+	0	155
10	0	0	0	179
11	0	0	0	180
18	0	0	0	179

Для проведения эксперимента были отобраны 23 навески покровного куриного пера по 3 грамма каждая, размерами от 3 до 9,5 см. Взвешивание навесок производилось на электронных весах ВСП-0,5/0,1-1 (3-ий класс точности по ГОСТ 29329 – 92), предназначенных для статических измерений массы грузов при учетных и технологических операциях в промышленности. Эти весы позволяют определять массу в диапазоне от 0,5 г до 500 г с погрешностью $\pm 0,05$ г.

Для каждого из 23-х опытов использовали рифленый валок требуемых конструктивных параметров. Величину зазора между вершиной рифли и контактной плоскостью выставляли микровинтом с лимбом и контролировали измерительным щупом (ТУ 2-034-225). В каждом опыте частота вращения рабочего органа оставалась неизменной и равной 57 мин^{-1} , что соответствует рациональной скорости деформации стержня пера [9]. Величину показателя F.P. перовой массы до и после прокатки рифленым валком определяли на компактном приборе по методике, разработанной в соответствии со стандартом качества DIN EN 12934 European Standard, Это позволило значительно уменьшить материалоемкость и продолжительность экспериментальных исследований и производить оценку наполнительной способности перовой массы при доверительной вероятности $P=0,95$ с погрешностью $\pm 4 \text{ дюйм}^3/\text{унция}$. Показатель F.P. навесок до прокатки составлял $147 \pm 2,5 \%$.

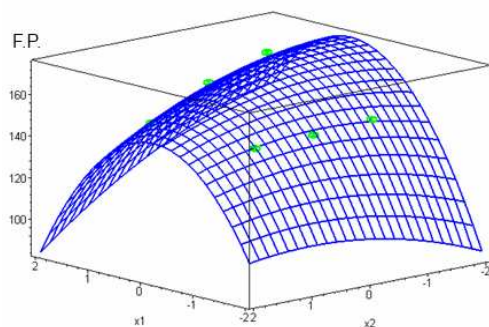
В соответствии с матрицей планирования при помощи пакета прикладных математических программ Maple 9.5 была рассчитана и проверена на адекватность регрессионная модель в кодированных переменных

$$y = 179,473 - 13,914x_1^2 - 9,664x_3^2 - 4,75x_1x_2 + 4,25x_1x_3 - 3,333x_2x_3. \quad (1)$$

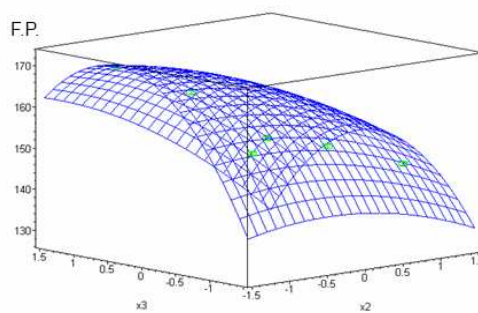
В кодированных переменных значения параметров в точке оптимума равны:

$$x_1 = 0,16; \quad x_2 = -0,77; \quad x_3 = 0,12.$$

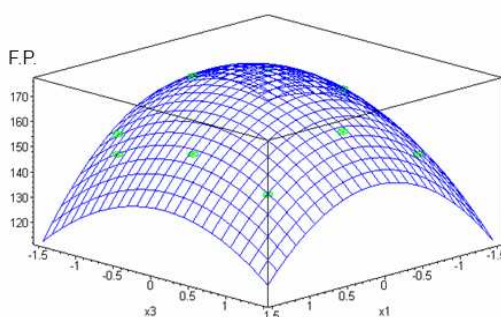
Трехмерные изображения поверхности отклика при фиксированных значениях одного из факторов приведены на рисунке 3.



а) при $x_3=1$



б) при $x_1=1$



в) при $x_2=1$

Рис. 3. Поверхности отклика при фиксированных значениях одного из факторов

На рисунке 3 приведены:

- а) зависимость показателя Ф.Р. от ширины вершины рифли (x_2) и шага рифления (x_1);
- б) зависимость показателя Ф.Р. от ширины вершины рифли (x_2) и зазора между вершиной рифли и контактной поверхностью (x_3);
- в) зависимость показателя Ф.Р. от шага рифления (x_1) и зазора между вершиной рифли и контактной поверхностью (x_3).

В реальных переменных уравнение искомой регрессионной зависимости имеет вид

$$Y = -13,519 - 13,914p^2 - 15,391b^2 - 24161,184h^2 - 444,444bh + 212,5hp - 12,667pb. \quad (2)$$

Значения параметров в точке оптимума в этом случае

$$p = 3,165 \text{ мм}; b = 0,337 \text{ мм}; h = 0,052 \text{ мм}.$$

При этом показатель Ф.Р. первой массы увеличивается на $23 \pm 5,5 \%$.

Выводы:

1. В результате анализа факторного пространства объекта исследования определены значимые факторы: шаг рифления; ширина вершины рифли; зазор между вершиной рифли и контактной поверхностью.
2. Разработанная регрессионная модель позволила определить величину конструктивных параметров рифлёного вала: шаг рифления – 3,2 мм; ширина вершины рифли – 0,3 мм; и технологический параметр процесса деформации – зазор между вершиной рифли и плоскостью прокатки – 0,05 мм, которые могут быть использованы при разработке и модернизации оборудования для обработки перопухового сырья.

Список литературы

1. Галатов, К. С. Классификация способов модификации пера птицы / К. С. Галатов, Ю. Е. Чертов, // Птица и птицепродукты. – 2013. – № 6. С. 52-56.
2. Галатов, К. С. Определение параметров рабочего органа узла модификации пера сортировочных машин / К. С. Галатов, Ю. Е. Чертов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2012. – №1. С. 48-51.

3. Пат. 2346885 Российская Федерация, МПК⁸ В68G 3/08. Устройство механической модификации куриного пера / Бринк И. Ю., Соприкина Т. Н., Чертов Ю. Е.; № 2007108628/12; заявл. 21.05.2007; Опубл. 20.02.2009. Бюл. №5. 2 с.
4. Пат. 2366767 Российская Федерация, МПК⁸ В68G 3/08. Устройство для сортировки куриного пера / Ю. Е. Чертов, К. С. Галатов; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ЮРГУЭС». № 2008113670/12; заявл. 07.04.2008; Опубл. 10.09.2009. Бюл. №25. 2 с.
5. Пат. 2424384 Российская Федерация, МПК⁸ В68G 3/08. Устройство сортировки перо-пухового сырья на фракции / Ю. Е., Чертов, К. С. Галатов; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ЮРГУЭС». № 2010102611/05; заявл. 26.01.2011; Опубл. 20.07.2011. Бюл. №20. 2 с.
6. Пат.2467948 МПК⁸ В68G 3/08, В07В 1/20. Устройство разделения перопухового сырья на фракции в жидкой среде / К. С. Галатов; Ю. Е. Чертов; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ЮРГУЭС». № 2011105570/02; заявл. 14.02.2011; Опубл. 27.11.2012. Бюл. №33. 1 с.
7. Пат. 2404914 Российская Федерация, МПК⁸ В68G 3/08. Способ увеличения наполнительной способности куриного пера и устройство для его осуществления / Ю. Е.Чертов, И. Ю. Бринк, Т. Н. Соприкина; № 2009125854/21(036020); заявл. 06.07.2009; Опубл. 27.11.2010. – Бюл. № 33. – 2 с.:ил.
8. Перспективы применения куриного пера в изделиях швейной промышленности / Т. Н. Соприкина, И. Ю. Бринк, Ю. Е. Чертов // Швейная промышленность. – 2007. – №4 . – С.53-54.
9. Чертов, Ю. Е. Повышение эффективности модификации стержня пера птицы / Ю. Е. Чертов, К. С. Галатов // Птица и птицепродукты. –2012. – № 6. С. 60-62.

Рецензенты:

Бекмурзаев Л.А., д.т.н., профессор кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) «Донского государственного технического университета», г. Шахты;

Кожемяченко А.В., д.т.н., профессор кафедры «Технические системы ЖКХ и сферы услуг» института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) «Донского государственного технического университета», г. Шахты.