

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ КОЖ МАТЕМАТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В.К. Смелков, Г.Н. Солтовец

Не все детали верха обуви должны обладать одинаковой жесткостью, так в носочной части и в пяточной жесткость системы материалов увеличивается за счет применения подноски и задника. Модификация верха обуви в носочной и пяточной части производится с целью уменьшения толщины задника и подноски или полного их исключения из системы материалов, что приведет к облегчению обуви, удешевлению ее и к лучшему внешнему виду из-за отсутствия вылегания на лицевой стороне.

В качестве модификаторов выбирались водные растворы поливинилового спирта (ПВС) с содержанием щавелевой кислоты (Щ.К.). Этот выбор основан на предыдущих исследованиях, в которых данные модификаторы использовали применимо к обувным картонам, тканям, материалам для втачных стелек [1,2,3]. Эти исследования дали положительные результаты. Для модификации свойств кожи для верха обуви выбиралась оптимальная концентрация растворов, при которой обработанные образцы достигают желаемых показателей по жесткости, прочности и формоустойчивости. Было проверено действие на кожу пяти различных концентраций растворов ПВС со Щ.К. и выяснено, что наилучшим раствором для достижения поставленной цели является водный раствор, содержащий 4% ПВС + 7,5% Щ.К. от ПВС. Жесткость на приборе ПЖУ-12М после обработки этим раствором и дальнейшей сушки с термообработкой при 120⁰С в течение 15 с увеличилась в 3,2 раза, что выше, чем жесткость системы материалов: кожа + эластичный подносок, примерно, на 10% (рисунок 1). Проведенные испытания образцов кож на свойства при растяжении также показали преимущества выбранной концентрации модифицирующего раствора. По сравнению с необработанной кожей у образцов, пропитанных данным раствором, жесткость при растяжении увеличилась на 25%, предел прочности при растяжении – на 40%, модуль упругости – на 25% (таблица 1).

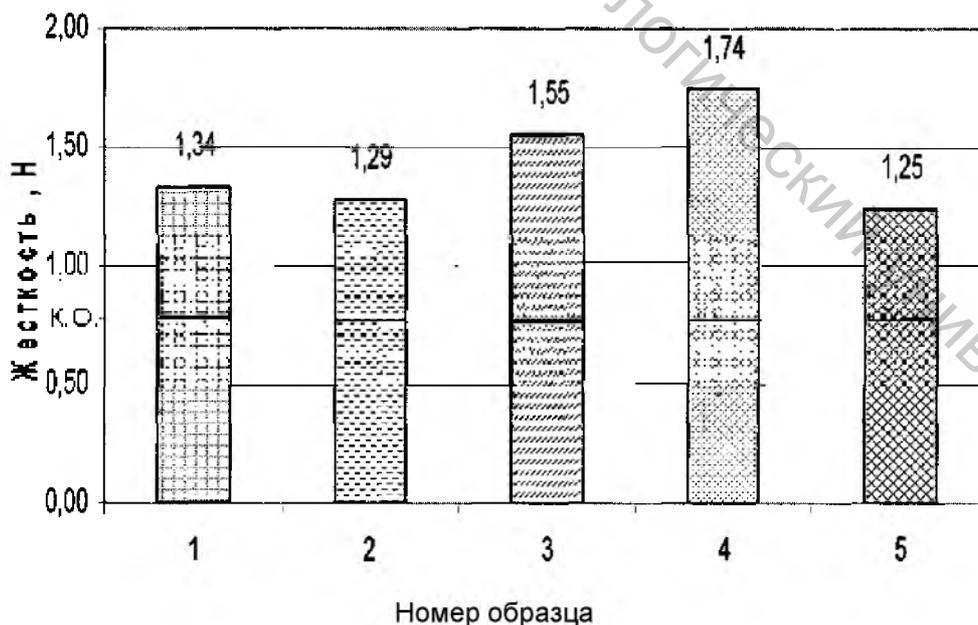


Рисунок 1 - Жесткость кож, обработанных модифицирующими растворами

Образцы, обработанные раствором:

1 – 6% ПВС + 2,5% Щ.К. от ПВС;

2 – 4% ПВС + 2,5% Щ.К. от ПВС;

3 – 4% ПВС + 5,0% Щ.К. от ПВС;

4 – 4% ПВС + 7,5% Щ.К. от ПВС;

5 – 2% ПВС + 2,5% Щ.К. от ПВС

Таблица 1 – Сравнительные показатели свойств кож при растяжении

№ образца	Вид пропитки	ε_r , %	σ_r , Н/мм ²	$E_{усл}$, Н/мм ²	D_y , Н	D , Н при изгибе
1.	без обработки	27	18,6	61,3	919,5	0,75
2.	6% ПВС +2,5% Щ.К. от ПВС	26	20,33	75,1	1126,5	1,34
3.	4% ПВС +2,5% Щ.К. от ПВС	27,6	21,66	73,5	1102,5	1,29
4.	4% ПВС +5,0% Щ.К. от ПВС	29	25,4	73,5	1202,5	1,55
5.	4% ПВС +7,5% Щ.К. от ПВС	30	24,8	75,1	1216,5	1,74
6.	2% ПВС +2,5% Щ.К. от ПВС	27	22,5	71,4	1071,0	1,25

С целью выяснения влияния концентрации и модификаторов на жесткость кож проведены дисперсионный и регрессионный анализы на ПЭВМ с использованием программы «Statistica for Windows». На приборе ПЖУ-12 получен ряд значений жесткости образцов из натуральной кожи при различной концентрации ПВС и Щ.К. (таблица 1). На основании полученных данных составляется матрица наблюдений (таблица 2).

Таблица 2 - Жесткость образцов при различной концентрации ПВС и щавелевой кислоты

	Концентрация ПВС, %	Концентрация щавелевой кислоты, %	Жесткость, Н
1	0	0	0,68
2	0	0	0,78
3	0	0	0,79
4	6	0,1	1,32
5	6	0,1	1,39
6	6	0,1	1,30
7	4	0,1	1,31
8	4	од	1,22
9	4	0,1	1,23
10	4	0,2	1,59
11	4	0,2	1,55
12	4	0,2	1,52
13	4	0,3	1,72
14	4	0,3	1,69
15	4	0,3	1,82
16	2	0,1	1,21
17	2	0,1	1,20
18	2	0,1	1,34

Для выполнения процедуры дисперсионного анализа в переключателе разделов «Statistics» выбирается раздел «ANOVA/MANOVA» (однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ). В появившемся окне «General ANOVA/MANOVA» требуется нажать «Variables» и определить зависимые и независимые переменные. Концентрации ПВС и Щ.К. - независимые «independent» переменные, а параметр «Жесткость» - зависимая «dependent» переменная. Далее нажимается «OK». На появившемся окне «ANOVA results» необходимо нажать «All effects». Требуемые данные будут находиться в окне «Summary of all effects» в виде таблицы 3.

Таблица 3 - Влияние концентрации ПВС и щавелевой кислоты на жесткость натуральных кож

Факторы	Дисперсия (сумма квадратов) SS	Степень свободы данной дисперсии, df effect	Средняя дисперсия, MS	Критерий Фишера, F	Уровень значимости, P
Концентрация ПВС	0,0344	2	0,0172	5,05	0,16
Концентрация Щ.К.	0,3662	2	0,1831	15,99	0,000001
Неконтролируемые факторы	0,0406	12	0,0034	-	-

Полученные данные позволяют осуществить оценку степени влияния факторов на параметр «Жесткость». Дисперсия (сумма квадратов) для каждого фактора определяется перемножением числа степеней свободы данной дисперсии «df effect» на среднюю дисперсию «MS effect». Путем сложения дисперсий каждого фактора получим общую дисперсию, которая равна 0,4412. Выразив в процентах долю каждой дисперсии в общей дисперсии, получим значения, оценивающие степень влияния факторов на выходной параметр (таблица 4).

Таблица 4 - Значения, оценивающие степень влияния концентрации ПВС и щавелевой кислоты на жесткость натуральных кож

Факторы	Степень влияния, %
Концентрация ПВС	7,8
Концентрация щавелевой кислоты	83
Неконтролируемые факторы	9,2

Из таблицы 4 видно, что фактором, оказывающим наибольшее влияние на жесткость кож для верха, является концентрация щавелевой кислоты. Концентрация ПВС не оказывает значительного влияния на жесткость. Неконтролируемые факторы возникают из-за неоднородности кож по плотности, толщине и разной глубины проникновения модификатора. Адекватность модели проверяется по критерию Фишера F, сравнив для этого величину $F_{расч}$, взятую из таблицы 3, с $F_{табл} = 19,41$, взятым из таблицы значений Фишера при соответствующих числах степеней свободы $\varphi_1=2$ и $\varphi_2=12$ и выбранном уровне значимости $p=5\%$, которые рассчитываются по формулам (1) и (2) и выбранном уровне значимости $p=5\%$:

$$\varphi_1 = N - n - 1, \quad (1)$$

$$\varphi_2 = N(n - 1), \quad (2)$$

где N- общее число опытов, N=6 ;

n - число наблюдений в отдельном опыте, n=3.

Расчетный критерий Фишера определяется по формуле (3):

$$F_{расч} = \frac{MS_i}{MS_{неконтр.ф.}}, \quad (3)$$

где MS_i - средняя дисперсия контролируемых факторов,

$MS_{\text{неконтр.ф.}}$ - средняя дисперсия неконтролируемых факторов.

Поскольку $F_{\text{табл}} > F_{\text{расч}}$, то представленная модель эксперимента является адекватной. Уровень значимости p характеризует вероятность событий, условно принимаемых за невероятные, то есть чем ниже его величина, тем достовернее результат. Уровень значимости в 5% соответствует доверительной вероятности 95%. Из таблицы 3 видно, что концентрация Щ.К. является значимым фактором, так как $p_{\text{расч}}=0,000001 < 0,05$, а влияние концентрации ПВС является незначимым ($p_{\text{расч}}=0,16 > 0,05$).

Анализируется зависимость выходного параметра «Жесткость» не только от различных факторов, но и от различных уровней одного фактора. Для этого требуется построить графики средних значений уровней фактора. Для этого на экране «ANOVA results» необходимо нажать «Means/Graphs». Зависимость будет представлена в виде линии, соединяющей средние значения жесткости при различной концентрации ПВС и различной концентрации Щ.К. Через средние значения для различной концентрации проходят отрезки, показывающие доверительный интервал вероятности, равный 95%. С увеличением концентрации ПВС от 2% до 6% жесткость натуральных кож повышается с 1,25Н до 1,34Н соответственно, однако это увеличение не значительно, поэтому с экономической точки зрения целесообразно применять 4% раствор поливинилового спирта. С увеличением концентрации Щ.К. от 0,1 до 0,3 % жесткость повышается с 1,29 до 1,74 Н. Поэтому в качестве модификатора для повышения жесткости кож для верха обуви целесообразно применять 4% водный раствор поливинилового спирта + 0,3% щавелевой кислоты. Для того, чтобы выбрать оптимальный состав модификатора, необходимо получить уравнение регрессии:

$$y = \varphi(x_1; x_2, \dots, x_n), \quad (4)$$

где y - параметр процесса, подлежащий оптимизации,

x_1, x_2, \dots, x_n - контролируемые факторы.

Для двух факторов уравнение регрессии имеет вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2, \quad (5)$$

где b_0, b_1, b_2, b_{12} - коэффициенты, которые позволяют качественно оценить влияние факторов на параметр оптимизации. Если знак коэффициента положителен, то увеличение фактора x способствует росту критерия оптимизации, причем тем сильнее, чем больше величина b_i . Коэффициент b_{12} характеризует совместный вклад в исследуемый процесс факторов x_1 и x_2 . Для получения уравнения регрессии в переключателе разделов «Statistics» выбираем раздел «Multiple Regression». В появившемся окне требуется нажать «Variables» и определить зависимые и независимые переменные, используя значения таблицы 2. Концентрации ПВС и Щ.К. - независимые «independent» переменные, а параметр «Жесткость» - зависимая «dependent» переменная. Далее нажимаем «OK». На появившемся окне «Multiple Regression results» необходимо выбрать «Regression Summary». Требуемые данные будут находиться в окне «Regression Summary for Dependent Variable» в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Расчет коэффициентов регрессии

Факторы	Коэффициент В	Дисперсия коэффициента	t(12)	p-level
Свободный член	0,7829	0,0368	21,802	0,0000001
Концентрация ПВС	0,0481	0,0106	4,5268	0,000401
Концентрация Щ.К.	2,6333	0,2126	12,385	0,0000001

Коэффициенты регрессии рассчитываются по формулам (6) и (7):

$$b_0 = \frac{\sum_{m=1}^N y_m}{N}, \quad (6)$$

$$b_{1,2} = \frac{\sum_{m=1}^N x_{im} y_m}{N}, \quad (7)$$

где x_{im} – i -ое значение параметра,

y – среднее значение выходного параметра.

Значимость коэффициента определяется путем сравнения расчетного и табличного значения критерия Стьюдента при соответствующем числе степеней свободы $\varphi_2=12$ (формула 2) и выбранном 5%-ном уровне значимости. Расчетное значение критерия Стьюдента определяется по формуле (8):

$$t_{расч} = \frac{b_j}{S_{bj}}, \quad (8)$$

где S_{bj} - дисперсия коэффициента b .

Выполнение неравенства $t_{табл} < t_{расч}$ - условие значимости коэффициента. Как видно из таблицы 5, все коэффициенты в уравнении регрессии, описывающем данный процесс, значимы. Значимость коэффициентов подтверждается значением критерия значимости p , который для всех коэффициентов значительно меньше 0,05.

Таким образом, подставив значения коэффициентов в уравнение регрессии (5), получим уравнение (9), которое является математической моделью процесса модификации кож для верха и связывает концентрацию ПВС и щавелевой кислоты с параметром оптимизации (жесткости):

$$Ж = 0,7829 + 0,0481К.ПВС. + 2,6333К.Щ.К, \quad (9)$$

где Ж- жесткость кожи , Н,

К.ПВС - концентрация ПВС,

К.Щ.К - концентрация щавелевой кислоты.

Из уравнения видно, что с повышением концентрации ПВС и Щ.К. жесткость кож для верха обуви повышается. Однако на основании дисперсионного анализа, проведенного выше, можно сделать вывод, что оптимальной концентрацией ПВС является 4% , а для Щ.К. - 0,3 % и выше.

Список использованных источников

1. Смелков, В. К. Теоретические основы модификации свойств материалов для обуви / В. К. Смелков, Г. Н. Солтовец // Актуальные проблемы науки, техники и экономики производства изделий из кожи : сборник статей международной научной конференции / УО «ВГТУ» Витебск, 2004. - С. 253-258.
2. Смелков, В. К. Влияние химической модификации на физико-механические свойства картонов / В. К. Смелков, В. Л. Матвеев, Г. Н. Солтовец // Техническое регулирования – базовая составляющая управления качеством услуг изделиями сервиса : сборник научных трудов / Шахты, 2005. - С. 54-56.
3. Смелков, В. К. Исследование влияния модификации на свойства тканей для верха обуви / В. К. Смелков, Г. Н. Солтовец // Актуальные проблемы науки, техники и экономики производства изделий из кожи : сборник статей международной научной конференции / УО «ВГТУ» Витебск, 2004. - С. 259-262.

SUMMARY

Article deals with the opportunity of optimization of process of chemical modification of leather by mathematical methods of dispersing and regression analyses. Is described the influence of modification on mechanical properties of leather at a stretching and a flexing on device PZHU-12M.

УДК 677.024.1:[677.074:62]

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ

Е.В. Силкин, Г.В. Казарновская

Ткани определенного строения с максимально возможной плотностью по обеим системам нитей вырабатывать на ткацких станках очень трудно, а в отдельных случаях и не возможно. Поэтому в практике проектирования тканей применяется комплексный показатель её строения, который называется коэффициентом наполнения ткани волокнистым материалом и определяется как отношение фактической плотности ткани к максимально возможной.

Практика проектирования не располагает данными по коэффициентам наполнения тканей различного сырьевого состава и назначения, между тем как именно этот показатель является одним из основных, используемых во многих методиках проектирования тканей по заданным свойствам. В работе поставлена задача: определить эти коэффициенты для тканей технического назначения.

На РУПТП «Оршанский льнокомбинат» на станке АТПР-120ЛМ было наработано 5 опытных образцов полульняных тканей типа двуниток. В основе использовалась хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 50 текс, в утке пряжа из короткого льняного волокна сухого способа прядения линейной плотностью от 180 до 400 текс. Поверхностная плотность полученных образцов составила от 411 до 820 г/м².

Определить параметры строения ткани позволяет исследование срезов ткани, приготовленных по методике, разработанной кафедрой ткачества Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина.

По срезам путём замеров определялись следующие параметры строения тканей:

- диаметры нитей основы и утка d_o , d_y (для круга) и $d_{oэ}$, $d_{yэ}$, $d_{oв}$, $d_{yв}$ (для эллипса);
- высоты волн изгиба нитей основы h_o и утка h_y ;
- длины раппортов по основе L_{Ro} и утку L_{Ry} ;
- фактические геометрические плотности по основе l_o и утку l_y .

Замер каждого из параметров производился не менее чем 10 раз. Такой вывод был сделан на основании формулы (1) для определения доверительного объёма испытаний: задаваясь величиной относительной ошибки $\delta=3\%$ и приняв квадратическую неровноту $C\{Y\}$ по данным замеров по фотографиям срезов опытных тканей (рисунки 1, 2), рассчитан доверительный объём выборки:

$$m\{\bar{Y}\} \geq \left(\frac{u\{p_D\} \cdot C\{Y\}}{\delta\{\bar{Y}\}} \right)^2, \quad (1)$$

где $u\{p_D\}$ – квантиль нормального распределения случайной величины (при $p_D=0,954$ $u\{p_D\}=2$).

Например, квадратическая неровнота для диаметра нитей основы первого образца $C\{Y\}=4,1$, в таком случае $m\{\bar{Y}\} \geq \left(\frac{2 \cdot 4,1}{3} \right)^2 = 7,47$.