МРНТИ 64.29.15

Г.Ю. Калдыбаева[1] – *основной автор,*
И.А. Набиева[2], **И.Г. Шин**[3], **Р.Т. Калдыбаев**[4]

[1]Магистр, [2,3]Д-р техн. наук, профессор, [4]Канд. техн. наук, доцент

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0001-9817-0355 [2]https://orcid.org/0000-0001-6490-172X*
[4]https://orcid.org/0000-0002-1370-7553

[1,4]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова.,
г. Шымкент, Казахстан
[2,3]Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

@ [1]gkaldybaeva@mail.ru

https://doi.org/10.55956/UBDQ6810

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОЛНОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА ПОСЛЕ ДЖИНИРОВАНИЯ

Аннотация. Основные технологические операции, предшествующие выработке ткани, являются многофакторными. Для получения математических моделей многофакторных процессов при минимальном числе опытов очень эффективными признаны статистические методы планирования эксперимента, так как многие важные характеристики этих процессов являются случайными величинами, распределение которых близко следует нормальному закону. При этом характерными особенностями планирования эксперимента являются стремление минимизировать число опытов, одновременное варьирование всех исследуемых факторов по специальным правилам – алгоритмам, применение специального математического аппарата, выбор стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии опытов.

Проведение полного факторного эксперимента, в котором реализуются все возможные сочетания уровней, предусматривает на первом этапе установление основных (нулевых) уровней факторов и интервалов их варьирования, которые принимаются за исходные в плане эксперимента.

В данной статье рассмотрена математическая модель технологического процесса волокноотделения (джинирование) при первичной обработке хлопка.

Ключевые слова: математическое моделирование, полнофакторный эксперимент, параметр оптимизации, джинирование, хлопковое волокно, засоренность, влажность.

Калдыбаева, Г.Ю. Математическое моделирование на основе планирования полнофакторного эксперимента для исследования параметров хлопкового волокна после джинирования [Текст] / Г.Ю. Калдыбаева, И.А. Набиева, И.Г. Шин, Р.Т. Калдыбаев //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.366-376. https://doi.org/10.55956/UBDQ6810

Введение. Выбор основных уровней факторов должен соответствовать значению параметров оптимизации, по возможности более близкому к оптимальному. При выборе интервала варьирования следует учесть, что он не может быть меньше той ошибки, с которой при опыте фиксируется уровень фактора, а также не может быть настолько большим, чтобы верхний и нижний уровни выходили за пределы области определения фактора. Необходимо также иметь в виду, что увеличение интервалов варьирования затрудняет возможность линейной аппроксимации функций отклика [1,2].

Условия и методы исследований. Математическое планирование эксперимента проведено с целью определения рациональных параметров исследуемых операций для проектируемой ткани. В качестве математической модели принят полином первой степени, который линеен относительно неизвестных коэффициентов и упрощает обработку экспериментальных данных. Полином первой степени в общем виде выражается уравнением:

$$y = b_o + b_1x_1 + b_2x_2 + ...b_1x_1 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + ... + b_{12...k}x_1x_2.......x_k \qquad (1.1)$$

Для трех факторов (независимых переменных) это уравнение имеет вид:

$$y = b_o + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \qquad (1.1a)$$

Проведение полного факторного эксперимента, в котором реализуются все возможные сочетания уровней, предусматривает на первом этапе установление основных (нулевых) уровней факторов и интервалов их варьирования, которые принимаются за исходные в плане эксперимента.

Выбор основных уровней факторов должен соответствовать значению параметров оптимизации, по возможности более близкому к оптимальному. При выборе интервала варьирования следует учесть, что он не может быть меньше той ошибки, с которой при опыте фиксируется уровень фактора, а также не может быть настолько большим, чтобы верхний и нижний уровни выходили за пределы области определения фактора. Необходимо также иметь в виду, что увеличение интервалов варьирования затрудняет возможность линейной аппроксимации функций отклика.

Для удобства записи условий эксперимента и обработки экспериментальных данных уровни факторов кодируют. Кодированное значение фактора x_1 определяют по выражению

$$x_i = \frac{\tilde{x}_i - \tilde{x}_i^0}{\varepsilon_i} \qquad (1.2)$$

где: $\tilde{x}_i$ – натуральное значение i-го фактора; $\tilde{x}_i^0$ – натуральное значение основного уровня i-го фактора; ε_i – интервал варьирования i-го фактора.

В кодированном виде верхний уровень обозначают +1, нижний -1, а основной 0. Если число уровней каждого фактора m, а число факторов k, то число N всех сочетаний уровней факторов или число опытов в полном факторном эксперименте определяется выражением:

$$N = m^k \qquad (1.3)$$

После выбора плана эксперимента, основных уровней и интервалов варьирования факторов переходят к эксперименту. Каждая строка матрицы – это условия опыта. Для исключения систематических ошибок рекомендуются опыты, предусмотренные матрицей, проводить в случайной последовательности в соответствии с таблицей случайных чисел. Так, например, если требуется провести четыре опыта, то получим следующую последовательность реализации опытов:

Номер опыта в матрице	1	2	3	4
Порядок реализации опытов	2	3	1	4

В случае проведения восьми опытов:

Номер опыта в матрице	1	2	3	4	5	6	7	8
Порядок реализации опытов	7	2	8	3	1	4	5	6

При проведении исследований используют три варианта дублирования (постановка параллельных опытов):

1) Эксперимент проведен при равномерном дублировании (параллельные опыты, проведенные при одном и том же значении факторов);

2) Эксперименты выполнены при неравномерном дублировании опытов;

3) Эксперимент поставлен без дублирования опытов.

Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования. Обработку результатов эксперимента в этом случае производят в следующей последовательности:

1. Вычисление дисперсии S_y^2 воспроизводимости эксперимента. Для этого выполняют несколько параллельных опытов в нулевой точке (в центре плана). По результатам опытов в центре плана вычисляют дисперсию S_y^2 воспроизводимости эксперимента.

$$S_y^2=\frac{1}{n_o-1}\left[\sum_{u=1}^{n_o}(y_u-\bar{y})^2\right] \quad (1.4)$$

где: n_o – число параллельных опытов в нулевой точке; y_u – значение параметра оптимизации в плане; $\bar{y}$ – среднее арифметическое значение параметров оптимизации в параллельных опытах.

2. Вычисление коэффициентов модели по завершении эксперимента.

1) Свободный член b_o определяют по формуле:

$$b_o=\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}y_j \quad (1.5)$$

где, N – число опытов в полном факторном эксперименте.

2) Коэффициенты регрессии, характеризующие линейные эффекты вычисляют по выражению:

$$b_i=\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}x_{ij}\,y_j \quad (1.6)$$

3) Коэффициенты регрессии, характеризующие эффекты взаимодействия определяют по формуле:

$$b_{il}=\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}x_{ij}\,x_{lj}y_j \quad (1.7)$$

где: il – номера факторов; j – номер строки или опыта в матрице планирования; y_j – значение параметра оптимизации в j-ом опыте; x_{ij}, x_{lj} – кодированные значения (±1)факторов в i и l в j-ом опыте.

3. Проверка статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Проверку значимости коэффициентов можно производить двумя способами:

1) сравнением абсолютной величины коэффициента с доверительным интервалом;

2) с помощью t-критерия Стьюдента.

При проверке значимости коэффициентов первым способом для определения доверительного интервала вычисляют дисперсии коэффициентов регрессии по выражению:

$$S^2\{b_i\}=\frac{1}{N}S_y^2 \tag{1.8}$$

где, $S^2\{b_i\}$ – дисперсия i-го коэффициента регрессии.

Из формулы (1.8) следует, что дисперсии всех коэффициентов равны.

Доверительный интервал определяют по формуле:

$$\Delta b_i = \pm\, t_{\text{т}} \mathrm{S}\{b_i\} \tag{1.9}$$

где, $t_{\text{т}}$ – табличное значение при принятом уровне значимости и числе степеней свободы f, которое определяют по выражению f=n_o-1

Коэффициент регрессии значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала.

4. Определение дисперсии $S^2_{\text{ад}}$адекватности по формуле:

$$S^2_{\text{ад}}=\frac{\sum_{j=1}^{N}\left(y_j-\hat{y}_j\right)^2}{f}=\frac{\sum_{j=1}^{N}\left(y_j-\hat{y}_j\right)^2}{N-(k+1)} \tag{1.10}$$

где: y_j – наблюдаемое значение параметров оптимизации в j-м опыте; $\hat{y}_j$ – значение параметра оптимизации, вычисленное по модели для условий j-го опыта; f – число степеней свободы, которое для линейной модели определяется по выражению: f=N-$(k+1)$, где k – число факторов.

5. Проверка гипотезы адекватности модели по F-критерию Фишера в соответствии с формулой:

$$F_p=\frac{S^2_{\text{ад}}}{S^2_y} \tag{1.11}$$

Если $F_P < F_T$ для принятого уровня значимости и соответствующих чисел степеней свободы, то модель считают адекватной. При $F_P > F_T$ гипотеза адекватности отвергается. В этом случае для получения адекватной модели принимают одно из следующих решений:

1) переходит к планированию второго или более высокого порядка;

2) уменьшают интервалы варьирования и ставят новый эксперимент, повторяя эти действия до получения адекватной линейной модели.

Результаты исследований и их обсуждение. Ценность хлопкового волокна, как текстильного сырья, характеризуется его качественными показателями, определяющимися природными свойствами и факторами процесса джинирования – механического отделения волокон от семян и представляющим собой материал для прядения. К природным свойствам хлопкового волокна относятся: его длина, степени зрелости и желтизны, тонина, разрывная нагрузка, упругость. Максимальное сохранение природных свойств хлопкового волокна в процессах первичной обработки хлопка (ПОХ) – важнейшая технологическая задача, решаемая на всех этапах обработки хлопка-сырца.

К факторам, характеризующим качество процесса джинирования, относятся: засоренность и зажгученность волокна и наличие в нем пороков джинирования – кожицы с волокном и пухом, рваные и перебитые волокна, узелки, жгутики, битые семена. Засоренность волокна и пороки джинирования крайне нежелательны, так как ухудшают процесс прядения.

В качестве факторов, влияющих на процесс джинирования, приняты x_1 – влажность исходного хлопка-сырца, %; x_2 –засоренность исходного хлопка-сырца, %. Их основные уровни и интервалы варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы %	Кодовое обозначение	Интервалы варьирования	Уровни факторов		
			верхний +1	основной 0	нижний -1
Влажность исходного хлопка-сырца	x_1	2	10,5	8,5	6,5
Засоренность исходного хлопка-сырца	x_2	3	12	9,0	6

Функцией отклика или параметрами оптимизации выбраны: y_1 – степень желтизны, %; y_2 – засоренность после джинирования, %; y_3 – относительная разрывная нагрузка волокна, сН/текс.

Матрица планирования и результаты опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Матрицы планирования и результаты опытов

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	y_1	y_2	y_3
1	+	-	-	+	8,5	3,2	29,5
2	+	+	-	-	10,0	3,7	28,1
3	+	-	+	-	8,8	4,5	28,5
4	+	+	+	+	11,2	5,7	25,9

Для полного факторного эксперимента типа (1.3) $N = m^k = 2^2$ уравнение регрессии с учетом эффектов взаимодействия представим выражением:

$$Y = b_o + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2$$

Опыты не дублированы. Расчеты выполнены по рассмотренному выше алгоритму в соответствии с формулами (1.4)-(1.11).

I. Параметр оптимизации y_1.

1. Для определения дисперсии параметра оптимизации были проведены три опыта при значении факторов на основных уровнях (в центре

плана), т.е. при $x_1 = x_2$ =0. Полученные значения параметра оптимизации y_u, среднее значение $\bar{y}$, отклонения значений параметра оптимизации от его среднего значения $(y_u - \bar{y}_u)$ и квадраты этих отклонений приведены в таблице 3.

Таблица 3

Вспомогательная таблица для расчета S_y^2

№ опыта	y_u	$\bar{y}_u$	$y_u - \bar{y}_u$	$(y_u - \bar{y}_u)^2$	S_y^2
1	9,7	$\frac{\sum_{u=1}^{3} y_u}{3} =$ $=\frac{28,6}{3}$ =9,53	0,17	0,0289	$\frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{n_o-1}=$ $=\frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{3-1}=$ $=\frac{0,0467}{2}$= 0,0233
2	9,5		-0,03	0,0009	
3	9,4		-0,13	0,0169	
	$\sum_{u=1}^{3} y_u =$ =28,6			$\sum_{u=1}^{3}(y_u - \bar{y}_u)^2 =$ =0,0467	

2. Определение коэффициентов модели по формулам (1.5)-(1.7)

b_o =9,625; b_1 =0,975; b_2 =0,375; b_{12} = 0,225

3. Проверка статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Дисперсия коэффициентов регрессии:

$S^2\{b_i\}=\frac{1}{N} S_y^2 = \frac{1}{4} * 0,0233=0,0058$

Доверительный интервал

$\Delta b_i = \pm t_T S\{b_i\}$; $\qquad S\{b_i\}=\sqrt{\frac{S_y^2}{N}} = \sqrt{\frac{0,0233}{4}}$ =0,076

$\Delta b_i = \pm 4,3 * 0,076 = \pm 0,3268,$

где: t_T =4,3 – табличное значение критерия, определяемое при числе степеней свободы f=n_o -1=3-1=2 и 5%-ном уровне значимости [1].

Таким образом, значимыми остаются коэффициенты b_o , b_1 , b_2 .

Поэтому уравнение регрессии с кодированными переменными имеет вид:

$$y_1 = 9,625 + 0,975x_1 + 0,375x_2 \tag{2.1}$$

4. Расчет дисперсии адекватности $S_{ад}^2$по формуле (1.10). Для этого составим вспомогательную таблицу 4.

При вычислении значений $\hat{y}_j$ в уравнение (2.1) необходимо подставить кодированные значения факторов.

Таблица 4

Вспомогательная таблица для расчета $S^2_{ад}$

№ опыта	y_j	$\hat{y}_j$	$y_j - \hat{y}_j$	$(y_j - \hat{y}_j)^2$
1	8,5	8,275	0,225	0,0506
2	10,0	10,225	-0,225	0,0506
3	8,8	9,025	0,225	0,0506
4	11,2	10,975	0,225	0,0506

$$\sum_{j=1}^{4}\left(y_j - \hat{y}_j\right)^2=0,2024$$

$$S^2_{ад} = \frac{\sum_{j=1}^{N}\left(y_j - \hat{y}_j\right)^2}{N-(K+1)}=\frac{0.2024}{4-(2+1)} = 0,2024$$

5. Проверка гипотезы адекватности модели по F-критерию Фишера.
Расчетное значение критерия:

$$F_p=\frac{S^2_{ад}}{S^2_y}=\frac{0,2024}{0,0233}=8,6866\sim 8,69$$

Табличное значение критерия $F_T = 18.5$ при 5%-ном уровне значимости и числах степеней свободы для числителя $f_1 = N - (k+1) = 4 - (2+1) = 1$ и для знаменателя $f_2 = n_o - 1 = 3 - 1 = 2$. Так как $F_p < F_T$ то модель, представленная уравнением (2.1), адекватна.

II. Параметр оптимизации y_2

В аналогичной последовательности выполнен расчет параметров оптимизации y_2.

1. Дисперсия параметра оптимизации (табл. 5).

Таблица 5

Вспомогательная таблица для расчета S^2_y

№ опыта	y_u	$\bar{y}_u$	$y_u - \bar{y}_u$	$(y_u - \bar{y}_u)^2$	S^2_y
1	4,1	$\frac{\sum_{u=1}^{3} y_u}{3} = \frac{12,8}{3}=4,27$	-0,17	0,0289	$\frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{n_o-1}=\frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{3-1}=\frac{0,0467}{2}=0,0233$
2	4,3		0,03	0,0009	
3	4,4		0,13	0,0169	
	$\sum_{u=1}^{3} y_u = 12,8$			$\sum_{u=1}^{3}(y_u - \bar{y}_u)^2 = 0,0467$	

2. Коэффициенты модели

$b_o = 4.275$; $b_1 = 0,475$; $b_2 = 0,825$; $b_{12} = 0,175$

3. Проверка статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Дисперсия коэффициентов регрессии:

$S^2\{\mathrm{b_i}\}=\frac{1}{N}S_y^2=\frac{1}{4}*0{,}0233=0{,}0058$

$S\{\mathrm{b_i}\}=\sqrt{\frac{S_y^2}{N}}=\sqrt{\frac{0{,}0233}{4}}=0{,}076$

$\Delta b_i=\pm t_{\mathrm{T}} S\{\mathrm{b_i}\}=\pm 4{,}3*0{,}076=\pm 0{,}3268,$

Так как $|b_0|>|\Delta b_i|, |b_1|>|\Delta b_i|, |b_2|>|\Delta b_i|, |b_{12}|<|\Delta b_i|$ то уравнение регрессии с кодированными переменами принимает вид:

$$y_2=4{,}275+0{,}425\mathrm{x}_1+0{,}825\mathrm{x}_2 \quad (2.2)$$

4. Определение дисперсии адекватности $S_{\text{ад}}^2$ (табл. 6).

Таблица 6

Вспомогательная таблица для расчета $S_{\text{ад}}^2$

№ опыта	y_j	$\hat{y}_j$	$y_j-\hat{y}_j$	$(y_j-\hat{y}_j)^2$
1	3,2	3,025	0,175	0,0306
2	3,7	3,875	-0,175	0,0306
3	4,5	4,675	-0,175	0,0306
4	5,7	5, 525	0,175	0,0306

$\sum_{j=1}^{4}\left(y_j-\hat{y}_j\right)^2=0{,}1224$

$S_{\text{ад}}^2=\frac{\sum_{j=1}^{N}\left(y_j-\hat{y}_j\right)^2}{N-(K+1)}=\frac{0.1224}{4-(2+1)}=0{,}1224$

5. Проверка гипотезы адекватности модели по F-критерию Фишера. Расчетное значение критерия:

$F_p=\frac{S_{\text{ад}}^2}{S_y^2}=\frac{0{,}1224}{0{,}0233}=5{,}2532\sim 5{,}25$

Так как табличное значение критерия $F_T=18.5$ при 5%-ном уровне значимости и числах степеней свободы для числителя $f_1=1$ и для знаменателя $f_2=2$, то выполняется условие $F_p<F_T$, то есть модель, описанная уравнением (2.28) адекватна.

III. Параметр оптимизации y_3

1. Дисперсия параметра оптимизации (табл. 7).

Таблица 7

Вспомогательная таблица для расчета S_y^2

<table>
<tr><th>№ опыта</th><th>y_u</th><th>$\bar{y}_u$</th><th>$y_u-\bar{y}_u$</th><th>$(y_u-\bar{y}_u)^2$</th><th>S_y^2</th></tr>
<tr><td>1</td><td>26,9</td><td rowspan="3">$\frac{\sum_{u=1}^{3}y_u}{3}=$ $=\frac{81{,}4}{3}=27{,}13$</td><td>-0,23</td><td>0,0529</td><td rowspan="4">$\frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{n_o-1}=$ $=\frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{3-1}=$ $=\frac{0{,}1267}{2}=0{,}6335$</td></tr>
<tr><td>2</td><td>27,1</td><td>-0,03</td><td>0,0009</td></tr>
<tr><td>3</td><td>27,4</td><td>0,27</td><td>0,0729</td></tr>
<tr><td></td><td>$\sum_{u=1}^{3}y_u=$ $=81{,}4$</td><td></td><td></td><td>$\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2=$ $=0{,}1267$</td></tr>
</table>

2. Коэффициенты математической модели

b_o =28,0; b_1 =-1,0; b_2 =-0,8; b_{12} =-0,3

3. Проверка статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Дисперсия коэффициентов регрессии:

$S^2\{\mathrm{b_i}\}=\frac{1}{N}S_y^2=\frac{1}{4}*0{,}0634=0{,}01585$

Доверительный интервал

$\Delta b_i=\pm t_{\mathrm{T}}S\{\mathrm{b_i}\}$; $S\{\mathrm{b_i}\}=\sqrt{\frac{S_y^2}{N}}=\sqrt{\frac{0{,}0634}{4}}=0{,}1259$

$\Delta b_i=\pm 4{,}3*0{,}1259=\pm 0{,}541,$

Сравнив значения по модулю коэффициентов уравнения регрессии с доверительным интервалом, заключаем, что уравнение принимает вид:

$$y_3=28{,}0-\mathrm{x}_1-0{,}8\mathrm{x}_2 \qquad (2.3)$$

4. Расчет дисперсии адекватности $S_{\text{ад}}^2$ (табл. 8).

Таблица 8

Вспомогательная таблица для расчета $S_{\text{ад}}^2$

№ опыта	y_j	$\hat{y}_j$	$y_j-\hat{y}_j$	$(y_j-\hat{y}_j)^2$
1	29,5	29,8	-0,3	0,09
2	28,1	27,8	0,3	0,09
3	28,5	28,2	0,3	0,09
4	25,9	26,2	-0,3	0,09

$\sum_{j=1}^{4}\left(y_j-\hat{y}_j\right)^2$=0,36

$S_{\text{ад}}^2=\frac{\sum_{j=1}^{N}\left(y_j-\hat{y}_j\right)^2}{N-(K+1)}=\frac{0.36}{4-(2+1)}=0{,}36$

5. Проверка гипотезы адекватности модели по F-критерию Фишера.

Расчетное значение критерия

$F_p=\frac{S_{\text{ад}}^2}{S_y^2}=\frac{0{,}36}{0{,}0634}=5{,}68$

Табличное значение критерия $F_T=18.5$ больше расчетного $F_{\mathrm{P}}=5{,}68$, следовательно, модель представленная уравнением (2.3), адекватна.

Анализ полученных уравнений регрессии (2.1), (2.2) и (2.3) адекватен отражающий рассматриваемую математическую модель, свидетельствует о том, что факторы x_1 (влажность исходного хлопка-сырца) и x_2 (засоренность исходного хлопка-сырца) являются позитивными для параметров оптимизации y_1 – степень желтизны и y_2 – засоренность после джинирования. При этом степень влияния первого фактора больше второго для y_1 и для y_2 – наоборот.

Влажность и засоренность исходного хлопка сырца отрицательно влияют на относительную разрывную нагрузку (y_3) и являются негативными факторами, о чем говорит знак «минус» в уравнении регрессии (2.3).

Заключение. В соответствии с уравнением регрессии минимальная засоренность волокна после джинирования получается при минимальных значениях влажности и засоренности исходного хлопка-сырца, равных 6,5 и 6% соответственно

Список литературы

1. Ихтиярова Г.А. Математическое планирование эксперимента по созданию оптимального состава загустителя на основе бентонита и синтетических полимеров для набивки ткани [Текст] / Г.А. Ихтиярова // Молодой ученый. – 2016. – № 4 (108). – С. 148-151.
2. Щурин, К.В. Методика и практика планирования и организации эксперимента [Текст]: практикум / К.В. Щурин, Д.А. Косых. – Оренбург: ОГУ, 2012 – 185 с.

Материал поступил в редакцию 24.09.24.

Г.Ю. Калдыбаева[1], И.А. Набиева[2], И.Г. Шин[2], Р.Т. Калдыбаев[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы

МАҚТА ТАРАУДАН КЕЙІН МАҚТА ТАЛАПЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ ҮШІН ТОЛЫҚ ФАКТОРЛЫ ЭКСПЕРИМЕНТ ЖОСПАРЛАУ НЕГІЗІНДЕГІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Мата өндірісінің алдындағы негізгі технологиялық операциялар көп факторлы болып табылады. Тәжірибелердің ең аз саны бар көп факторлы процестердің математикалық модельдерін алу үшін экспериментті жоспарлаудың статистикалық әдістері өте тиімді болып саналады, өйткені бұл процестердің көптеген маңызды сипаттамалары кездейсоқ шама болып табылады, олардың таралуы қалыпты заңға сәйкес келеді. Сонымен бірге экспериментті жоспарлаудың сипатты белгілері эксперименттер санын барынша азайтуға ұмтылу, барлық зерттелетін факторларды арнайы ережелер – алгоритмдер бойынша бір мезгілде өзгерту, арнайы математикалық аппаратты пайдалану және тәжірибені жүзеге асыруға мүмкіндік беретін стратегияны таңдау болып табылады. эксперименттердің әрбір сериясынан кейін негізделген шешім қабылдауға мүмкіндік береді.

Деңгейлердің барлық мүмкін комбинациялары жүзеге асырылатын толық факторлық экспериментті жүргізу бірінші кезеңде эксперименттік жоспарда бастапқылар ретінде қабылданатын факторлардың негізгі (нөлдік) деңгейлерін және олардың өзгеру аралықтарын белгілеуді көздейді.

Бұл мақалада мақтаны алғашқы өңдеу кезінде талшықты бөлу (джинерлеу) технологиялық процесінің математикалық моделі қарастырылады.

Тірек сөздер: математикалық модельдеу, толық факторлық эксперимент, оңтайландыру параметрі, джинерлеу, мақта талшығы, ластану, ылғалдылық.

G.Yu. Kaldybaeva[1], I.A. Nabieva[2], I.G. Shin[2], R.T. Kaldybaev[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

MATHEMATICAL MODELLING BASED ON FULL-FACTORIAL EXPERIMENT PLANNING FOR THE STUDY OF COTTON FIBRE PARAMETERS AFTER GINNING

Abstract. The main technological operations preceding fabric production are multifactorial. To obtain mathematical models of multifactor processes at minimum number of experiments statistical methods of experiment planning are very effective, as many important characteristics of these processes are random variables, the distribution of which closely follows the normal law. In this case, the characteristic features of experiment planning are the desire to minimise the number of experiments, simultaneous variation of all the factors under study according to special rules – algorithms, the use of special mathematical apparatus, the choice of strategy that allows making informed decisions after each series of experiments.

Conducting a full factor experiment, in which all possible combinations of levels are realised, provides at the first stage the establishment of the main (zero) levels of factors and intervals of their variation, which are taken as initial in the experiment plan.

This article considers the mathematical model of the technological process of fibre separation (ginning) in the primary processing of cotton.

Keywords: mathematical modelling, full-factorial experiment, optimization parameter, ginning, cotton fibre, clogging, moisture.

References

1. Ikhtiyarova G.A. Matematicheskoye planirovaniye eksperimenta po sozdaniyu optimal'nogo sostava zagustitelya na osnove bentonita i sinteticheskikh polimerov dlya nabivki tkani [Mathematical planning of an experiment to create an optimal composition of a thickener based on bentonite and synthetic polymers for fabric filling] // Molodoy uchenyy. – 2016. – No. 4 (108). – P. 148-151. [in Russian].
2. Shchurin, K.V., Kosykh, D.A. Metodika i praktika planirovaniya i organizatsii eksperimenta [Methodology and practice of planning and organizing an experiment]: workshop. – Orenburg: Orenburg State University, 2012 – 185 p. [in Russian].