

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА УВЛАЖНЕНИЯ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА  
С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ**

**DEVELOPMENT OF METHODS HUMIDIFYING COTTON FIBERS  
IN ORDER TO INCREASE ITS EFFICIENCY**

*Р.Т. КАЛДЫБАЕВ, Ж.У. МЫРХАЛЫКОВ, Р.С. ТАШМЕНОВ, Н.Е. БОТАБАЕВ,  
Г.Ю. КАЛДЫБАЕВА, А.К. БЕКТУРСЫНОВА*  
*R.T KALDYBAEV, ZH.U. MYRKHALYKOV, R.S. TASHMENOV, N.E. BOTABAEV,  
G.UY. KALDYBAEVA, A.K. BEKTURSYNOVA*

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан)  
(M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan)  
E-mail: rashid\_cotton@mail.ru; rahim\_4158@mail.ru

*Поиску эффективности метода увлажнения были посвящены многие исследования. В данной статье рассматриваются исследования, в результате которых в научно-исследовательском институте хлопководства и семеноводства разработан и в настоящее время используется способ, предусматривающий продувание слоя материала перенасыщенным влагой воздухом (туманом).*

*На основе опыта эксплуатации увлажнителя на участках технологической цепочки до и после конденсора установлено, что эффективность его составляет 1,0%, что не соответствует потребностям промышленности. Требования изыскания методов повышения эффективности увлажнения не менее чем на 0,32%. По результатам экспериментальных исследований для повышения эффективности увлажнения выбран метод повышения температуры воды перед центробежным распылением. Определена математическая модель этого метода.*

*The search for effective method of humidification were the subject of many studies. This article focuses on the research which resulted in the Scientific Research Institute of cotton and seed developed and currently used method of providing a layer of material blowing oversaturated with moisture WHO-spirit (fog).*

*Based on the experience in the areas of operation of the humidifier process chain before and after the condenser found that its efficiency is 1.0%, which does not meet the needs of industry. Requirements research methods to increase the efficiency of wetting of not less than 0.32%. According to the results of experimental studies to improve the efficiency humidification chosen method of increasing the temperature of the water before centrifugal spray. The mathematical models of the method.*

**Ключевые слова:** увлажнение, высокодисперсная влага, отбор волокна, проба, расход воды.

**Keywords:** moisturizing, finely moisture, fiber selection, sample, water flow.

Поиску эффективности метода увлажнения были посвящены многие исследования, в результате которых в ТОО "Научно-внедренческое предприятие "Талапты" разработан и в настоящее время используется способ, предусматривающий проду-

вание слоя материала перенасыщенным влагой воздухом (туманом). Используемый на заводах способ увлажнения волокна путем продувания туманообразной смесью воздуха с высокодисперсной влагой на участках до и после конденсора с

помощью установок УВШ дает не совсем удовлетворительный эффект [1]. Требуется изыскание методов повышения эффективности этих установок, по крайней мере, на 0,3...0,4%. С этой целью были проведены экспериментальные исследования, предусматривающие нагрев воды перед подачей на распыление. С ростом температуры за счет снижения коэффициента поверхностного натяжения воды предполагается повышение дисперсности распыленной влаги и степени отрицательной электризации ее частиц [2]. Все это должно улучшить условия соединения частиц воды с волокном и увеличить растекающую способность влаги по нему.

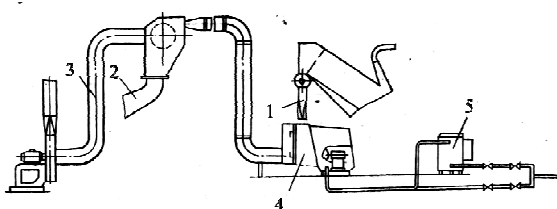


Рис. 1

Эксперименты проводили на волокне селекционной разновидности С4727 ручного сбора I сорта на Ак-Алтынском хлопкоочистительном заводе в производственных условиях на увлажнителе (рис. 1), расположенном на участке перед конденсором (после батарейного волокноочистителя). На рис. 1: 1 – зона отбора волокна до увлажнения, 2 – после увлажнения, 3 – точка замера расхода воздуха; 4 – зона увлажнения, 5 – электронагреватель воды НЭ-1А. Воду, подаваемую на распыление, нагревали электронагревателем 5 марки НЭ-1А. С учетом недостатков, выявленных в процессе эксплуатации, в конструкцию зоны увлажнения 4 были внесены некоторые изменения, основным из которых является замена перфорированного днища гнутыми параллельными направляющими из прутковой стали диаметром 12 мм.

Исследования по повышению эффективности увлажнения волокна проводили с помощью математического метода планирования и анализа эксперимента [3], [4].

Планирование факторного эксперимента по разработанной ранее методике связано с изучением зависимости критериев оптимизации от величины управляемых параметров (факторов) [5].

После постановки задачи общий вид модели объекта исследований имеет вид:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (1)$$

где  $Y$  – критерий оптимизации, величина, контролируемая и ходе эксперимента;  $x_1, x_2, \dots, x_k$  – факторы, которые решено варьировать при проведении эксперимента.

В планировании эксперимента используются полиномиальные уравнения:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ij} x_i x_j + \dots, \quad (2)$$

где  $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}$  – теоретические коэффициенты регрессии.

В результате эксперимента находят численные значения коэффициентов регрессии. Уравнение принимает вид:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{ij=1}^k b_{ij} x_i x_j + \dots, \quad (3)$$

где  $Y$  – расчетное значение параметра оптимизации.

По величине коэффициентов регрессии можно судить о степени влияния соответствующих факторов на величину критерия оптимизации.

В эксперименте рассматривалось влияние двух факторов: расхода и температуры воды на увлажнение волокна.

В качестве выходного параметра или критерия оптимизации эксперимента принято приращение влажности (в %). Число опытов  $N$  в полном факторном эксперименте (ПФЭ) определяют из соотношения:

$$N = P^k, \quad (4)$$

где  $P$  – число уровней;  $k$  – число факторов.

$$N = 2^2 = 4.$$

Проведен полный факторный эксперимент по увлажнению волокна, состоящий из четырех опытов, выполненных в четырех повторностях на двух уровнях, при изменении факторов:

расход воды Q:

$$\max = 80 \text{ л/ч,}$$

$$\min = 20 \text{ л/ч;}$$

температура воды T:

$$\max = 75^\circ\text{C,}$$

$$\min = 15^\circ\text{C.}$$

При проведении эксперимента расход воздуха оставался постоянным и составлял 10200 м<sup>3</sup>/ч. Средняя производительность по волокну равнялась 1700 кг/ч.

Составим матрицу планирования ПФЭ 2<sup>2</sup> (табл. 1), а рабочая матрица с данными опытов приведена в табл. 2.

$$Y_4 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{in}}{n}, \quad (5)$$

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{in} - Y_n)^2}{n-1}, \quad (6)$$

где S<sub>1</sub><sup>2</sup> – дисперсия ошибки опыта; n – число наблюдений (повторность опыта); Y<sub>in</sub> – значение критерия оптимизации для отдельного наблюдения; Y<sub>n</sub> – среднее арифметическое значение критерия.

Т а б л и ц а 1

Номер опыта	Факторы		Взаимодействие факторов X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	
1	-	-	+
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	+

Т а б л и ц а 2

Номер опыта	Значения для повторностей				Условие эксперимента		Y <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> <sup>2</sup>
	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	расход воды, л/с	температура воды, °C		
1	0,04	0,04	0,04	0,04	20	15	0,04	0
2	1,11	1,11	0,89	0,97	80	15	1,02	0,0118
3	0,28	0,49	0,49	0,48	20	75	0,41	0,0115
4	1,60	1,77	1,34	2,01	80	75	1,68	0,56

Значение S<sub>1</sub><sup>2</sup> характеризует точность опыта, увеличение его значения свидетельствует о возрастании рассеяния результатов повторных опытов около среднего значения.

Коэффициенты регрессии находим по уравнениям:

$$b_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{in} x_{jn} Y_n}{N}, \quad (7)$$

где x<sub>in</sub> – значение фактора в четвертом опыте; Y<sub>n</sub> – значение параметров оптимизации в том же опыте;

b<sub>0</sub> =  $\frac{\sum_{i=1}^N Y_n}{N}$  – значение

свободного члена в уравнении регрессии.

Коэффициенты регрессии, характеризующие парное взаимодействие факторов, находят по формуле:

$$b_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{in} x_{jn} Y_n}{N}. \quad (8)$$

Значения коэффициентов приведены ниже:

$$b_0 = 0,79, \quad b_2 = 0,26,$$

$$b_1 = 0,56, \quad b_{12} = 0,07.$$

Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 0,79 + 0,56X_1 + 0,26X_2 + 0,07X_1X_2. \quad (9)$$

Гипотезу об адекватности модели проверяют с помощью критерия Фишера:

$$F = \frac{S_{ag}^2}{S_{\{y\}}^2}, \quad (10)$$

где  $S_{ag}^2$  – дисперсия адекватности;  $S_{\{y\}}^2$  – дисперсия воспроизводимости.

Значение F сравнивают с табличным.

Если  $F < F_{табл}$ , то гипотезу об адекватности принимают:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{\sum_1^N \sum_1^n (Y_{ni} - Y_n)^2}{N(n-1)} = 0,0258,$$

$$S_{ag}^2 = \frac{\sum_1^N n(Y_{ni} - Y_n)^2}{N - K - 1} = 0,0867,$$

$$F_{таб} = 4,75 [2],$$

$$F = \frac{0,0867}{0,0258} = 3,4, \\ 3,4 < 4,75.$$

Гипотезу об адекватности принимаем.

Значимость коэффициентов регрессии определяли сравнением табличного значения t-критерия с расчетным, который находили по формуле:

$$t_{pi} = \left| \frac{b_i}{S\{b_i\}} \right|, \quad (11)$$

$$S_{\{b_i\}}^2 = \frac{S_{\{y\}}^2}{Nn} = \frac{0,0258}{44} = 0,0016,$$

$$S_{\{b_i\}} = \sqrt{0,0016} = 0,04,$$

$$t_{px1} = \frac{0,56}{0,04} = 14,$$

$$t_{px2} = \frac{0,26}{0,04} = 6,5,$$

$$t_{px1x2} = \frac{0,07}{0,04} = 1,75.$$

Табличное значение t-критерия (критерия Стьюдента):

$$t = 3,18 [2],$$

$$t_{px1} = 14 > 3,18,$$

$$t_{px2} = 6,5 > 3,18,$$

$$t_{px1x2} = 1,75 < 3,18.$$

Сравнение t-критерия показывает, что в данном случае нельзя считать статистически значимым коэффициент  $b_{12}$ . Исключаем его из уравнения регрессии:

$$Y = 0,79 + 0,56x_1 + 0,26x_2. \quad (12)$$

Методом крутого восхождения определяем зону оптимума (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Наименование величин	Факторы		Критерий оптимизации (% увлажнения)
	расход воды, л/ч	температура воды, °С	
Копированные значения факторов	$X_1$	$X_2$	-
Коэффициенты регрессии $b_1$	0,56	0,26	-
Уровни варьирования:			
+	80	75	-
0	50	45	-
-	20	15	-
Интервалы варьирования $\xi$	60	60	-
Шаг = $\frac{\xi b_1}{3b_{i\max}}$	$\frac{60 \cdot 0,56}{0,56 \cdot 3} = 20$	$\frac{60 \cdot 0,26}{0,56 \cdot 3} = 15$	-
Опыт на нулевом уровне	50	45	0,70
	70	60	1,22
	80	75	1,68
	80	90	1,75
	80	95	1,76

Из данных табл. 3 видно, что оптимальной зоной является режим увлажнения, при котором расход воды равен 80 л/ч, а температура воды 75°C. При дальнейшем увеличении расхода воды (свыше 80 л/ч) наблюдается смачивание начального участка волокноотвода. Повышение температуры воды более 75°C не дает ощутимых положительных результатов [6...8].

При увлажнении волокна в среднем на 1,68% средняя масса кип возросла на 8,5 кг.

Для пользования в практических целях уравнение (12) преобразуем с переходом к именованным величинам.

$$Y_{и} = 0,79 + 0,56 \frac{Q - 50}{30} + 0,26 \frac{T - 45}{30} = 0,018Q + 0,0086T - 0,53,$$

или

$$Y = 0,018Q + 0,0086T - 0,53.$$

Проверим полученное уравнение для случая  $Q = 20$  л/ч,  $T = 75^\circ\text{C}$ :

$$Y_{и} = 0,018 \cdot 20 + 0,0086 \cdot 75 - 0,53 \approx 0,46\%.$$

## ВЫВОДЫ

По результатам экспериментальных исследований для повышения эффективности увлажнения выбран метод повышения температуры воды перед центробежным распылением. Определена математическая модель этого метода.

Применяя метод крутого восхождения в зону оптимума, выбраны следующие технологические параметры: расход воды 80 л/с, температура воды 75°C. При этом приращение влажности волокна составило в среднем 1,68%, а массы кип 8,5 кг.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кричевский Г.Е. Основные виды текстильных волокон. – М., 2002.
2. Первичная обработка хлопка / Г.Д. Джабаров, С.Д. Балтабаев, Д.А. Котов, А.Н. Соловьев. – М.: Легкая индустрия, 2005.
3. Балтабаев С.Д., Парпиев А.П. Сушка хлопко-сырца. – Ташкент: Укитувчи, 2006.
4. Фролов В.Д., Башкова Г.В., Башков А.П. Тех-

Для получения уравнения регрессии в именованных величинах его преобразуют с заменой кодированных величин фактическими [8]. При этом учитывают соотношения:

$$X = \frac{C_1 - C_{01}}{\xi},$$

где  $X_1$  – кодированное значение фактора;  $C_1, C_{01}$  – текущее значение фактора и его значение на нулевом уровне;  $\xi$  – значение интервала варьирования фактора.

После подстановки имеем:

нология и оборудование текстильного производства. – Ч.1. Производство пряжи и нитей. – Иваново:ИГТА, 2006.

5. Akira Nakamura. Fiber Science and Technology // Science Publishers. – 2000.

6. Ryszard Kozłowski. Handbook of Natural Textile Fibres: Types, Properties and Factors Affecting Breeding and Cultivation. – Woodhead Publishing Limited, 2012.

7. Potapov B., Grtsenko O. Kinetics of wet material drying in the heat- and- mass transfer module under high pressure. // Industrial Technology and Engineering. – Shymkent, 2013, №2 (07). P. 5...9.

8. Калдыбаев Р.Т., Калдыбаева Г.Ю., Тогатаев Т.У. Теоретические исследования процесса смешивания частиц хлопковой массы с потоком сушильного агента// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6. С. 63...66.

9. Джаннаизова В.М., Сагитова Г.Ф., Аширбекова Г.Ш., Батиркулова А.А. Исследование физико-механических свойств текстильных материалов в процессе инсоляции// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 1. С. 24...28.

## REFERENCES

1. Krichevskij G.E. Osnovnye vidy tekstil'nyh volokon. – M., 2002.
2. Pervichnaja obrabotka hloпка / G.D. Dzhabarov, S.D. Baltabaev, D.A. Kotov, A.N. Solov'ev. – M.: Legkaja industrija, 2005.
3. Baltabaev S.D., Parpiev A.P. Sushka hloпка-syrca. – Tashkent: Ukituvchi, 2006.
4. Frolov V.D., Bashkova G.V., Bashkov A.P. Tehnologija i oborudovanie tekstil'nogo proizvodstva. – Ch.1. Proizvodstvo prjazhi i nitej. – Ivanovo:IGTA, 2006.
5. Akira Nakamura. Fiber Science and Technology // Science Publishers. – 2000.

6. Ryszard Kozłowski. Handbook of Natural Textile Fibres: Types, Properties and Factors Affecting Breeding and Cultivation. – Woodhead Publishing Limited, 2012.

7. Potapov V., Grtsenko O. Kinetics of wet material drying in the heat- and mass transfer module under high pressure. // Industrial Technology and Engineering. – Shymkent, 2013, №2 (07). P. 5...9.

8. Kaldybaev R.T., Kaldybaeva G.Ju., Togataev T.U. Teoreticheskie issledovaniya processa smeshivaniya chastic hlopkovoj massy s potokom sushil'nogo

agenta// Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №6. S. 63...66.

9. Dzhanpaizova V.M., Sagitova G.F., Ashirbekova G.Sh., Batirkulova A.A. Issledovanie fiziko-mehanicheskikh svoystv tekstil'nykh materialov v processe insoljatsii// Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 1. S. 24...28.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных материалов. Поступила 08.04.16.

---