

З.А. МИНАСЯН, Р.С. МКОЯН, А.С. КАРАПЕТЯН

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ФОРМОВАНИЯ  
ЧУЛОЧНО-НОСОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКЕ**

Рассмотрен процесс формования чулочно-носочных изделий на разработанной установке, выполняющей отделочные операции (влажно-тепловая обработка, крашение и формование) в одной рабочей камере. Получена математическая модель, которая позволяет оптимизировать технологические режимы процесса формования.

**Ключевые слова:** формование, чулочно-носочные изделия, установка, рабочая камера, математическая модель, технологические режимы.

**Введение.** Для стабилизации структуры волокон и пряжи, из которых изготовлены чулочно-носочные изделия, проводят формование готовых изделий на следующих машинах и установках:

- 1) паро- и электроформы (для формования при соприкосновении изделий с нагретой металлической поверхностью);
- 2) утильно-формовочные машины (для формования изделий нагретым воздухом);
- 3) чулочно-формовочные отделочные машины (для одновременного формования, аппретирования и каландрования), являющиеся наиболее совершенным оборудованием из всех типов формовочных машин [1, 2].

С целью уменьшения продолжительности отделочных операций, в частности операции формования, на кафедре “Текстильная инженерия” Гюмрийского филиала Государственного инженерного университета Армении (Политехник) разработана модернизированная установка, совмещающая отделочные операции чулочно-носочных изделий (влажно-тепловая обработка, крашение и формование) в одной рабочей камере [3].

**Постановка задачи и обоснование методики.** Для моделирования продолжительности формования чулочно-носочных изделий проводились эксперименты на модернизированной установке с фиксацией следующих параметров режима формования: давление воздушного потока, изменяющееся в пределах  $P = (0,05...0,15) \text{ МПа}$ , температура в камере установки, изменяющаяся в пределах  $t = (90...96) ^\circ\text{C}$ , и угловая скорость вращения колодок, изменяющаяся в пределах  $\omega = (40...60) \text{ рад / с}$ . Готовые образцы устанавливали на цилиндрические колодки и производили их формование. Продолжительность формования фиксировалась секундомером марки “АГАТ” 4282, давление воздушного потока

измерялось манометром модели МКУ-1071, температура воздуха в камере установки - биметаллическим термометром марки Wss-501. Угловая скорость вращения колодок устанавливалась при помощи преобразователя марки ODE-2-12037-1KB12-01 и фиксировалась положением переключателя.

Результаты экспериментальных исследований сведены в табл. На основе полученных данных был осуществлен поиск оптимальных параметров формования чулочно-носочных изделий: давления воздушного потока ( $P$ ), температуры в камере установки ( $t$ ) и угловой скорости вращения колодок ( $\omega$ ), обеспечивающих требуемое качество чулочно-носочных изделий при минимальных затратах времени.

Таблица

Режимы формования чулочно-носочных изделий

| N  | $P$ ,<br>МПа | $t$ , °C | $\omega$ ,<br>рад/с | $\tau$ , мин |  | 1  | 2    | 3  | 4  | 5   |
|----|--------------|----------|---------------------|--------------|--|----|------|----|----|-----|
| 1  | 2            | 3        | 4                   | 5            |  | 14 | 0,1  | 93 | 50 | 1   |
| 1  | 0,05         | 90       | 40                  | 2            |  | 15 | 0,15 | 93 | 50 | 2   |
| 2  | 0,1          | 90       | 40                  | 2            |  | 16 | 0,05 | 96 | 50 | 2   |
| 3  | 0,15         | 90       | 40                  | 1,5          |  | 17 | 0,1  | 96 | 50 | 1   |
| 4  | 0,05         | 93       | 40                  | 2            |  | 18 | 0,15 | 96 | 50 | 1,5 |
| 5  | 0,1          | 93       | 40                  | 1            |  | 19 | 0,05 | 90 | 60 | 1   |
| 6  | 0,15         | 93       | 40                  | 2            |  | 20 | 0,1  | 90 | 60 | 1   |
| 7  | 0,05         | 96       | 40                  | 1            |  | 21 | 0,15 | 90 | 60 | 1,5 |
| 8  | 0,1          | 96       | 40                  | 1            |  | 22 | 0,05 | 93 | 60 | 2   |
| 9  | 0,15         | 96       | 40                  | 1            |  | 23 | 0,1  | 93 | 60 | 1   |
| 10 | 0,05         | 90       | 50                  | 2            |  | 24 | 0,15 | 93 | 60 | 2   |
| 11 | 0,1          | 90       | 50                  | 1            |  | 25 | 0,05 | 96 | 60 | 1   |
| 12 | 0,15         | 90       | 50                  | 2            |  | 26 | 0,1  | 96 | 60 | 1   |
| 13 | 0,05         | 93       | 50                  | 2            |  | 27 | 0,15 | 96 | 60 | 1   |

**Результаты исследования.** Для моделирования продолжительности формования в зависимости от давления воздушного потока, температуры в камере установки и угловой скорости вращения колодок был проведен ротатбельный центральный композиционный эксперимент (РЦКЭ) по матрице  $3^3$ . РЦКЭ проводится чаще всего с целью описания “почти стационарного” участка поверхности отклика. В этом случае адекватной регрессионной многофакторной моделью является полином второго порядка [4, 5]

$$Y_R = b_0 + \sum_{i=1}^M b_i x_i + \sum_{i=j=1}^M b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^M b_{ii} x_{ii}^2,$$

где  $Y_R$  - расчетное значение выходного параметра (времени процесса формования), которое получается в результате интерполяции экспериментальных

значений по методу наименьших квадратов;  $x_i$  - кодированные значения уровней факторов;  $b_i, b_{ij}$  - выборочные значения коэффициентов регрессии;  $i = 1, \dots, M; j = 1, \dots, M$  - номер фактора.

Ротатабельное планирование второго порядка позволяет описать исследуемый процесс уравнениями регрессии следующего вида [5]:

$$Y_R = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2.$$

Определение коэффициентов ( $b_i$ ) проводилось при помощи программы Mathcad 15.0. Полученная регрессионная модель имеет следующий вид:

$$Y = 0,81 + 0,03x_1 - 0,284x_2 - 0,096x_3 + 0,067x_1x_2 - 0,123x_1x_3 + 0,13x_2x_3 + 0,957x_1^2 + 0,24x_2^2 + 0,23x_3^2.$$

Пользуясь методами математического анализа (определение частных производных, приравнивание их нулю и решение системы уравнений), для оптимальных значений факторов  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$ , при которых критерий  $Y_R$  достигает минимального значения, получаем:  $x_1 = -0,034$ ;  $x_2 = 0,587$ ;  $x_3 = 0,0336$ , а с именованными единицами измерения – соответственно  $P = 0,1 \text{ МПа}$ ;  $t = 93^\circ\text{C}$ ;  $\omega = 50 \text{ рад/с}$ .

Регрессионная модель в именованных значениях коэффициентов имеет следующий вид:

$$\tau = -105,2P - 5,316t - 0,618\omega + 382,8P^2 + 0,02667t^2 + 0,0023\omega^2 + 0,44667Pt - 0,246P\omega + 0,0043t\omega + 273,326.$$

При вышеуказанных значениях факторов  $\tau_{\min} = 0,81 \text{ мин}$ .

Для построения графиков зависимостей двух факторов от времени один из факторов в каждом случае оставляем неизменным. Для случая, когда  $P = (0,05 \dots 0,15) \text{ МПа}$ ,  $t = (90 \dots 96)^\circ\text{C}$ , а  $\omega = 50 \text{ рад/с}$ , модель принимает вид

$$\tau = -117,5P - 5,099t + 382,8P^2 + 0,0267t^2 + 0,4467Pt + 248,176, \quad (1)$$

а график зависимостей давления воздушного потока и температуры в камере установки от времени показан на рис. 1.

Для случая, когда  $P = (0,05 \dots 0,5) \text{ МПа}$ ,  $t = 93^\circ\text{C}$ , а  $\omega = (40 \dots 60) \text{ рад/с}$ , модель принимает вид

$$\tau = -63,659P - 0,215\omega + 382,8P^2 + 0,0023\omega^2 - 0,246P\omega + 9,607, \quad (2)$$

а график зависимостей давления воздушного потока и угловой скорости вращения колодок от времени показан на рис. 2.

Для случая, когда  $P = 0,1 \text{ МПа}$ ,  $t = (90 \dots 96)^\circ \text{C}$ , а  $\omega = (40 \dots 60) \text{ рад/с}$ , модель принимает вид

$$\tau = -5,2713t - 0,6426\omega + 0,0267t^2 + 0,0023\omega^2 + 0,0043t\omega + 266,634, \quad (3)$$

а график зависимостей температуры в камере установки и угловой скорости вращения колодок от времени показан на рис. 3.

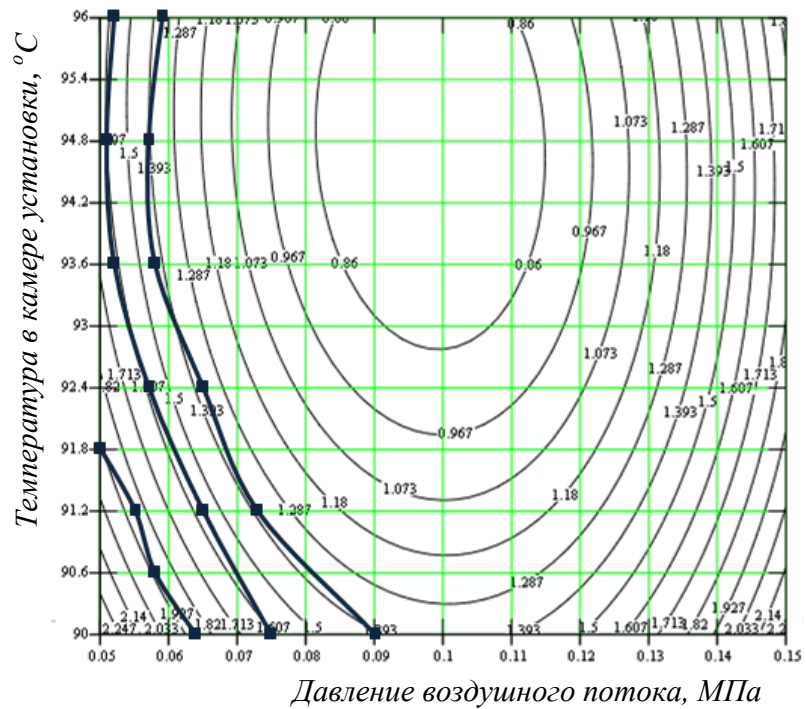


Рис. 1. График зависимостей давления воздушного потока и температуры в камере установки от времени.

— Расчет по модели, ■ экспериментальные данные

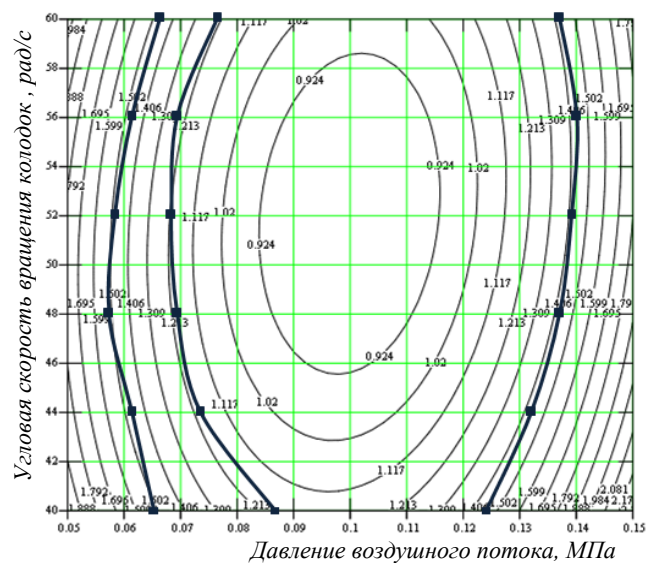


Рис. 2. График зависимостей давления воздушного потока и угловой скорости вращения колодок от времени.

— Расчет по модели, —■— экспериментальные данные

На рис. 1 – 3 показаны также экспериментальные данные указанных зависимостей.

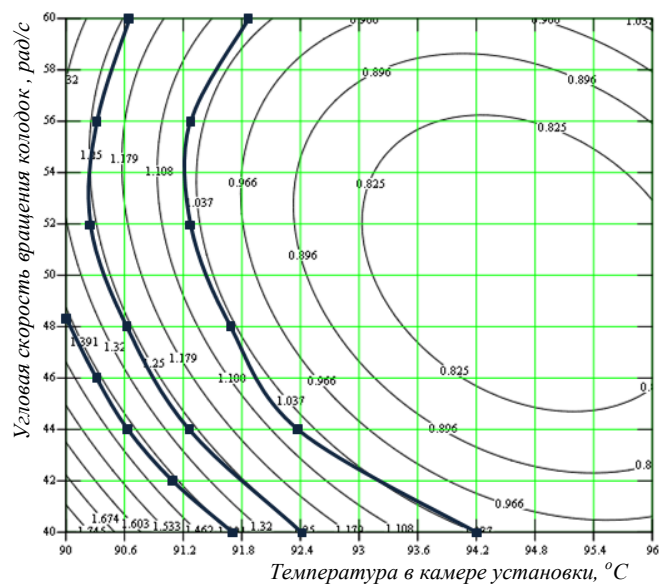


Рис. 3. График зависимостей температуры в камере установки и угловой скорости вращения колодок от времени.

— Расчет по модели, —■— экспериментальные данные

**Заклучение.** Исследования процесса формования чулочно-носочных изделий подтвердили адекватность полученной математической модели и экспериментальных данных, что позволяет применить данную модель для оптимизации технологических режимов процесса формования. При этом оптимальным временем для формования чулочно-носочных изделий является  $(0,5 \dots 1)$  мин при давлении воздушного потока  $0,1$  МПа, температуре в камере установки  $93^\circ\text{C}$  и угловой скорости вращения колодок  $50$  рад/с.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Абрамов С.А.** Химическая технология отделки трикотажных изделий. – М.: Легкая индустрия, 1966. – 418 с.
2. **Мигальцо И.И., Третьякова Л.И., Нэмет Э., Эперыши Г.** Термические процессы в швейной промышленности. – Киев: Техніка; Будапешт: Műszaki, 1987. – 213 с.
3. **Карапетян А.С., Мкоян Р.С., Минасян З.А.** Установка для отделки чулочно-носочных изделий // Вестник Инженерной академии Армении: Сборник научно-технических статей. – 2013. – Том 10, №1. – С. 126 – 129.
4. **Севостьянов А.Г.** Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 392 с.
5. **Раяцкас В.Л., Люкайтис И.И., Ратаутас С.-А.С.** Практикум по технологии изделий из кожи. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 279 с.

Гюмрийский филиал ГИУА (ПОЛИТЕХНИК). Материал поступил в редакцию 28.10.2013.

**Ջ.Ա. ՄԻՆԱՍՅԱՆ, Ռ.Ս. ՄԿՈՅԱՆ, Ա.Ս. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ**

**ԳՈՒԼՊԵՂԵՆԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՏԵՎՈՂՈՒԹՅԱՆ ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ  
ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՎԱԾ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ՎՐԱ**

Դիտարկվել է գուլպեղենի ձևավորման գործընթացը մշակված տեղակայանքի վրա, որն իրականացնում է վերջնամշակման գործողությունները (ջերմախոնավային մշակում, ներկում, ձևավորում) մեկ աշխատանքային խցիկում: Մտացվել է մաթեմատիկական մոդել, որը թույլ է տալիս լավարկել ձևավորման գործընթացի տեխնոլոգիական ռեժիմները:

**Առանցքային բաներ.** ձևավորում, գուլպեղեն, տեղակայանք, աշխատանքային խցիկ, մաթեմատիկական մոդել, տեխնոլոգիական ռեժիմներ:

**Z.A. MINASYAN, R.S. MKOYAN, A.S. KARAPETYAN**

**MODELING THE DURATION OF HOSIERY FORMING ON A MODERNIZED  
INSTALLATION**

The process of forming hosiery on the developed installation carrying out finishing operations of hosiery (wet-thermal processing, dyeing and forming) in one working chamber is considered. A mathematical model allowing to optimize the technological modes of the forming process is obtained.

**Keywords:** forming, hosiery, installation, working chamber, mathematical model, technological modes.