

УДК 677.021.1

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ШТАПЕЛИРОВАНИЯ РАЗРЫВОМ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕХОДНОГО РЕЖИМА**

*К.Б. АЛЕКСАНДРОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Процесс штапелирования жгута химических элементарных нитей методом разрыва к настоящему времени детально исследован с помощью теоретических и экспериментальных методов как отечественными, так и зарубежными учеными (обобщенные результаты исследований изложены в [1]). Однако в отличие от стационарных условий протекания этого процесса переходные и нестационарные режимы аналитическим исследованиям поддаются гораздо труднее, поэтому изучены в меньшей степени. В этих целях построена и использована компьютерная имитационная модель процесса штапелирования разрывом жгута элементарных нитей [2].

В модели имеются следующие обозначения:  $R$  – разводка;  $v_1$  – скорость питающей пары;  $v_2$  – скорость выпускной пары;  $E$  – вытяжка;  $l_1$  – часть длины волокна, выступающая за линию зажима выпускной пары;  $l_2$  – часть длины волокна, выступающая в зону разрыва;  $l_3$  – длина элементарной нити, выступающей в зону вытягивания из зажима питающей пары;  $l_4$  – величина расхождения концов элементарной нити после ее разрыва;  $L$  – длина волокна, равная сумме двух отрезков  $l_1$  и  $l_2$ ,  $E_0$  – величина предварительной деформации нити;  $E_p$  – разрывное удлинение;  $C_v$  – коэффициент вариации  $E_p$ ;  $T_p$  – время разрыва;  $d$  – координата точки разрыва в сече-

нии вытяжного поля;  $N$  – число элементарных нитей в жгуте;  $\Delta t$  – интервал времени, через который фиксируется число получаемых волокон.

Для определения времени разрыва и длины волокна воспользуемся соотношениями из [1]:

$$T_p = \frac{R}{V_2} \text{Ln} \frac{(1 + E_0)(1 + E_p)(E(1 + E_0) - 1)}{E(1 + E_0) - E_p - 1};$$

$$l_1 = R(1 - r + \frac{r}{aE}) \text{Ln} \frac{(aE - 1)(1 + \epsilon_p)}{aE - 1 - \epsilon_p} +$$

$$+ R \frac{r\epsilon_p}{1 + \epsilon_p}; \tag{1}$$

$$l_2 = \frac{R - \xi}{1 + E_p} (1 + E_p(1 - r));$$

$$L = l_1 + l_2; \quad l_3 = \frac{d}{1 + E_p} [1 + E_p(1 - r)];$$

$$l_4 = R - l_2 - l_3.$$

Эти соотношения использованы в алгоритме моделирования, который включает следующие шаги.

1. Вызов процедуры ввода исходных данных:  $v_1, v_2, R, \varepsilon_0, \varepsilon_p, \sigma\varepsilon_p, r$ , а также  $N$  – числа волокон в жгуте;  $\Delta t$  – интервала времени, через который производится замер числа волокон в сечении  $X$  штапелированной ленты ( $X$  – координата относительно выпускной пары, в которой производится подсчет числа волокон в сечении. Координата  $X$  вычисляется с учетом скорости выпускной пары  $X = v_2 \Delta t$ , но может быть изменена как в большую, так и в меньшую сторону).

2. Вызов процедуры выбора закона распределения точек разрыва и его параметров. В модели могут быть использованы следующие законы распределения: равномерное, нормальное, треугольное усеченное экспоненциальное.

3. Вызов процедуры построения координатных осей: ось ординат – число волокон в сечении ленты; ось абсцисс – временная шкала, на которой отмечается число секунд от начала моделирования (момента заправки штапелирующей машины).

4. Бесконечный цикл. Время моделирования заранее не ограничивается, что позволяет наблюдать процесс штапелирования во времени сколь угодно долго, приближая тем самым моделирование к реальному процессу. Достигается такая возможность благодаря тому, что через определенные моменты времени происходит перезапись результатов эксперимента в файлы базы данных для хранения и использования в последующих исследованиях.

4.1. Цикл по числу волокон в жгуте  $j=1, \dots, N$ : для каждого из  $N$  волокон:

а) генерация координаты точки разрыва  $d$  в соответствии с выбранным законом распределения;

б) генерация  $\varepsilon_{pi}$  – величины разрывного удлинения для  $i$ -го волокна ( $\varepsilon_{pi}$  – случайная величина, распределенная по закону Вейбулла с параметрами  $\varepsilon_p, \sigma\varepsilon_p$ );

с) вычисление аргумента логарифма, входящего в формулу расчета  $l_1$ . Если значение аргумента меньше нуля, то переход к п. а), иначе вычисляются величины  $l_1, l_2, l_3, l_4$  по формулам (1);

д) формирование массивов:  $P_j$  – координат передних концов волокон, образовавшихся в результате разрыва элементарных нитей;  $PZ_j$  – координат задних концов волокон;  $Z_j$  – координат передних концов нитей в зоне разрыва вытяжного прибора.

е) имитация движения каждого из полученных волокон из выпускной пары:

$$f) P_j = P_j + V_2 \Delta t, Z_j = Z_j + V_1 \Delta t,$$

$$PZ_j = PZ_j - V_2 \Delta t;$$

г) если выполняются условия:  $PZ_j \geq -(\frac{V_2}{\Delta t})$  и  $P_j \geq \frac{V_2}{\Delta t}$ , то волокно находится в сечении  $X$ . Если выполняется условие  $PZ_j < -(\frac{V_2}{\Delta t})$ , то волокно покинуло зону вытяжки.

h) сохранение в массиве  $NI_j$  количества волокон в сечении  $X$ . По этим значениям строится кривая изменения толщины ленты во времени при заданных параметрах вытяжного устройства. Значения из массива  $NI_j$  переносятся в файлы базы данных, тем самым массив освобождается для продолжения моделирования.

4.2. Проверка количества точек, в которых подсчитано число волокон в сечении ленты. Если количество точек равно максимальному значению, которое можно отобразить на экране, то вызывается процедура построения кривой изменения толщины ленты и фиксируются значения ординат кривой.

5. Завершение бесконечного цикла (одного прогона модели).

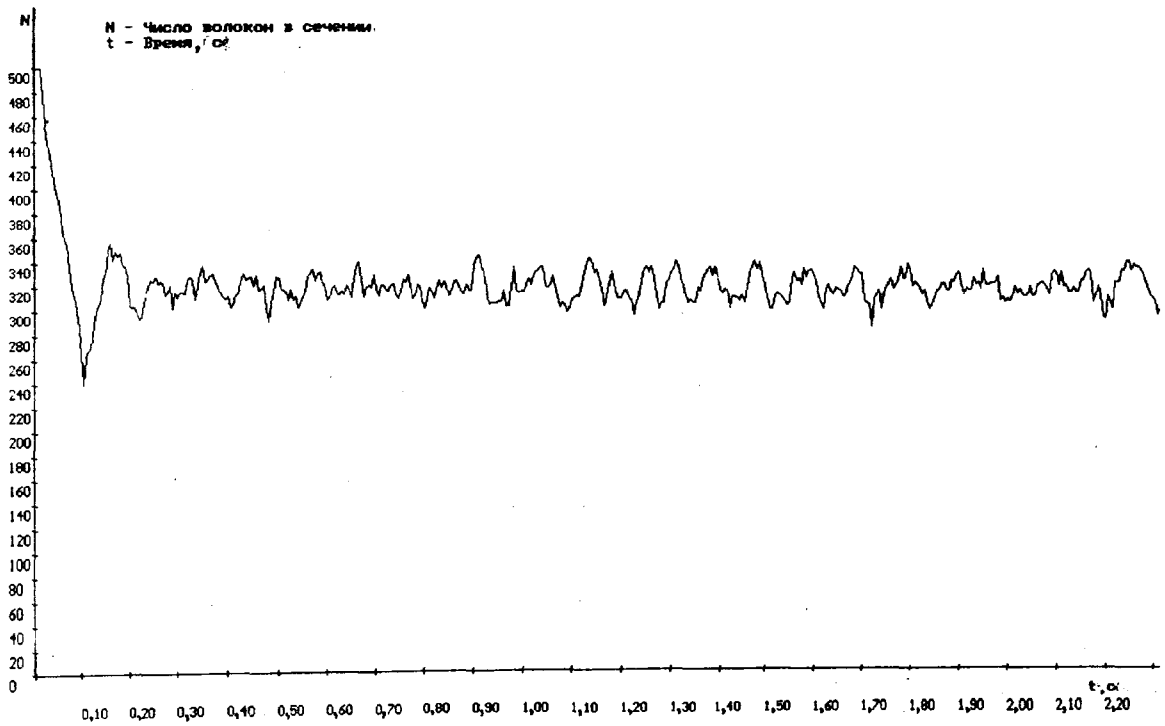


Рис. 1

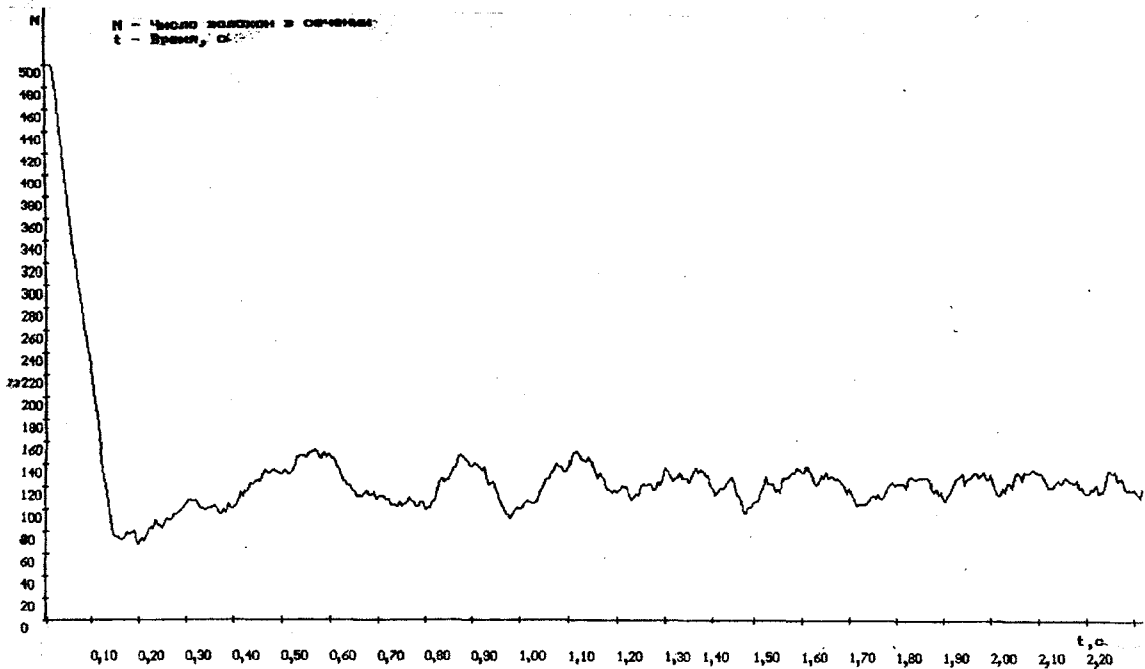


Рис. 2

На рис. 1 и 2 изображены кривые изменения толщины формируемой ленты штапельных волокон по числу волокон в сечении в переходном режиме (от момента на-

чала работы машины) при одинаковых входных параметрах  $V_1 = 20$  м/мин;  $R=125$ ;  $E_p=2\%$ ;  $N = 500$ ;  $\Delta t = 0,1$  с, но при

разных скоростях выпуска:  $V_2 = 83$  м/мин (рис. 1) и  $V_2 = 160$  м/мин (рис. 2).

Из рис. 1 и 2 видно, что при увеличении вытяжки равномерность получаемой

ленты уменьшается, возникает периодическая составляющая и частота ее увеличивается.

Таблица 1

| $v_1$ , м/мин | $v_2$ , м/мин | R, мм | $\varepsilon_0$ , % | $\varepsilon_p$ , % | $\sigma_{ep}$ , % | r, % | N   |
|---------------|---------------|-------|---------------------|---------------------|-------------------|------|-----|
| 60            | 120           | 200   | 0                   | 12                  | 5                 | 0    | 500 |

Для изучения влияния ряда факторов на характер переходного режима с моделью проведены однофакторные эксперименты. Значения постоянных параметров модели в этих экспериментах приведены в табл. 1. Во всех экспериментах в качестве

характеристик переходного процесса использовали такие общепринятые показатели, как длительность процесса T, степень колеблемости  $\delta_k$  и предельное значение числа волокон в сечении  $Y_\infty$ .

Таблица 2

| E   | $v_1$ | $Y_\infty$ | $\delta_k$ , % | T, с | $A_0$ | $A_1$ | $A_2$ |
|-----|-------|------------|----------------|------|-------|-------|-------|
| 1.5 | 80    | 320        | 38.52          | 0,2  | 180   | 100   | 60    |
| 1.8 | 67    | 270        | 31.15          | 0.35 | 230   | 130   | 48    |
| 2.0 | 60    | 250        | 28.89          | 0.4  | 250   | 150   | 40    |
| 2.7 | 45    | 190        | 27.10          | 0.4  | 310   | 185   | 40    |
| 5.0 | 24    | 110        | 10.92          | 0.8  | 390   | 110   | 5     |

В первом эксперименте варьировалась величина вытяжки за счет изменения скорости питания. Полученные результаты представлены в табл. 2, где кроме перечисленных показателей показаны значения амплитуд  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  первых трех полуволи переходного процесса.

Из табл. 2 следует, что степень колеблемости при всех значениях E значительно

меньше 100%, что говорит о быстром затухании колебательного процесса, причем степень колеблемости убывает при увеличении вытяжки. При этом время переходного процесса T увеличивается прямо пропорционально увеличению вытяжки в зоне разрыва.

Таблица 3

| R, мм | N (m,σ)   | $Y_\infty$ | $\delta_k$ , % | T, с | $A_0$ | $A_1$ | $A_2$ |
|-------|-----------|------------|----------------|------|-------|-------|-------|
| 70    | N(35,17)  | 240        | 36.47          | 0,25 | 260   | 200   | 65    |
| 100   | N(50,25)  | 240        | 30.62          | 0.30 | 260   | 170   | 45    |
| 150   | N(75,37)  | 240        | 29.89          | 0,55 | 260   | 160   | 45    |
| 200   | N(100,50) | 240        | 28.66          | 0,65 | 260   | 140   | 45    |

Во втором эксперименте исследовали влияние разводки между питающей и выпускной парами разрывного устройства на характеристики переходного процесса. При этом распределение точек разрыва моделировалось по нормальному закону распределения  $N(m, \sigma)$ , параметры которого изменялись в соответствии с разводкой.

Условия и результаты эксперимента приведены в табл. 3, из которой можно

сделать выводы аналогичные результатам первого эксперимента, а именно: степень колеблемости процесса убывает при увеличении разводки, время же переходного процесса увеличивается, но не так сильно, как в случае изменения вытяжки в зоне разрыва.

Таблица 4

| $r, \%$ | $Y_{\infty}$ | $\delta_k, \%$ | $T, c$ | $A_0$ | $A_1$ | $A_2$ |
|---------|--------------|----------------|--------|-------|-------|-------|
| 5       | 240          | 29,85          | 0,40   | 260   | 140   | 50    |
| 15      | 240          | 28,82          | 0,40   | 260   | 143   | 45    |
| 30      | 235          | 28,58          | 0,30   | 265   | 145   | 45    |
| 45      | 235          | 29,24          | 0,25   | 265   | 156   | 45    |
| 60      | 230          | 30,17          | 0,25   | 270   | 160   | 50    |
| 75      | 230          | 29,13          | 0,25   | 270   | 160   | 45    |
| 90      | 220          | 28,97          | 0,20   | 280   | 150   | 50    |
| 100     | 220          | 28,73          | 0,20   | 280   | 165   | 45    |

В третьем эксперименте изучали зависимость характеристик переходного процесса от доли упругой деформации  $r$ , которая варьировалась в соответствии со значениями, приведенными в табл. 4. Диапазон ее изменения обусловлен тем, что разные волокна имеют сильно отличающиеся физико-механические свойства. Приведенные в табл. 4 результаты эксперимента по-

казывают, что изменение доли упругой деформации даже в таком широком диапазоне практически не влияет на степень колеблемости и наблюдаются быстро затухающие колебания. При этом время переходного процесса в отличие от степени колеблемости заметно уменьшается с увеличением доли упругой деформации.

Таблица 5

| Распределение                                | $Y_{\infty}$ | $\delta_k, \%$ | $T, c$ | $A_0$ | $A_1$ | $A_2$ |
|--|--------------|----------------|--------|-------|-------|-------|
| $N(R/2,0)$                                   | 250          | 66,67          |        | 250   | 250   | 250   |
| $N(R/2,R/10)$                                | 250          | 65,33          | 3      | 250   | 250   | 240   |
| $N(R/2,3 R/10)$                              | 250          | 32,95          | 0,3    | 110   | 40    | 25    |
| $N(R/2,5 R/10)$                              | 250          | 41,85          | 0,5    | 90    | 50    | 35    |
| $Un(0, R)$                                   | 250          | 23,33          | 0,5    | 250   | 75    | 30    |
| $\frac{2\xi}{R^2}$                           | 250          | 66,67          |        | 250   | 250   | 250   |
| $\frac{2}{R} \left(1 - \frac{\xi}{R}\right)$ | 250          | 66,67          |        | 250   | 250   | 250   |

В четвертом эксперименте варьировали распределение точек разрыва. Исследуемые варианты законов распределения точек разрыва и полученные результаты показаны в табл. 5, из которой следует, что минимальная степень колеблемости устанавливается в случае равновероятного разрыва волокон между питающей и выпускной парами разрывного устройства. Однако при этом время переходного процесса больше, чем в случае закона распределения вида  $\sim N(R/2; 3R/10)$ . В случае распределения точек разрыва по закону  $N(R/2; 3R/10)$  устанавливается наименьшее время переходного процесса и небольшая, по сравнению с другими законами распределения, степень колеблемости. Если разрыв всех волокон происходит в одной точке, то есть распределение имеет нулевую дисперсию  $N(R/2; 0)$  или очень локализовано, то степень колеблемости высока и время переходного процесса бесконечно.

## ВЫВОДЫ

Для изучения переходных режимов процесса штапельирования разрывом в разрывном приборе предложена компьютер-

ная имитационная модель процесса, учитывающая кинематику движения элементарных нитей и штапельных волокон, изменение длины волокон при разрыве, закон распределения точек разрыва, динамику движения волокон. Эксперименты с моделью показали зависимость вида переходного режима и его особенностей (длительности, колеблемости) от параметров разрывного устройства и условий штапельирования: вытяжки, разводки, закона распределения точек разрыва, разрывного удлинения нитей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов Б.С. Штапельирование жгута способом разрыва. – М.: Легпромбытиздат, 1993.
2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности): Учебник для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1984.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и вычислительной техники. Поступила 01.12.00.