

УДК 677**Информационная поддержка процесса моделирования прочности
мокрой бескруточной ровницы.****С.Г. Смирнова****(Костромской государственный технологический университет)**

Предлагается математическая имитационно статистическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы учитывающая свойства исходного сырья и технологические параметры ровницы, а также ее программная реализация, позволяющая прогнозировать свойства получаемого продукта и получать информацию для корректировки технологического процесса с целью обеспечения производства продукта с заданным уровнем качества.

Компьютерное моделирование, имитационно статистическая модель, математическая модель.

Ровница представляет собой полупродукт прядильного производства, предназначенный для переработки ее в пряжу. От качества ровницы в значительной мере зависит качество конечного продукта прядильного производства – пряжи. В свою очередь качество ровницы зависит от качества исходного сырья – волокна и технологических параметров его переработки.

Одним из основных качественных показателей бескруточной ровницы, получаемая мокрым способом является ее прочность. Это объясняется с одной стороны тем, что от прочности ровницы зависит ее поведение в питающей рамке прядильной машины, где должно производиться сматывание без обрывов. С другой стороны прочность ровницы на отрезках порядка 10 см может косвенно характеризовать ее способность к вытягиванию (мацерационная способность).

Система управления качеством продукции должна включать в свой состав информационную подсистему позволяющую прогнозировать качественные параметры полупродуктов на каждом из этапов формирования. В частности для управления качеством пряжи необходима подсистема, позволяющая расчетным путем прогнозировать прочность ровницы по известным показателям сырья и параметров технологического процесса.

Технологические процессы текстильной промышленности представляют собой сложный комплекс физических и химических явлений, которые характеризуются не стационарностью и изменчивостью основных параметров. Релаксационные явления в текстильных материалах и изменчивость атмосферных условий в производстве осложняют изучение технологических процессов и обуславливают применение методов исследования на основе имитационно-статистического моделирования, реализуемого программно с использованием вычислительной техники.[1].

Полученная в результате этого метода компьютерная модель не является абстрактной и оторванной от реального процесса или явления, так как опирается на реальные статистические данные, полученные в ходе натурного эксперимента. Поэтому этот тип моделирования наиболее близок к натурному эксперименту, так как имитирует явления и процессы с сохранением их логической структуры, последовательности протекания во времени.

Метод имитационного моделирования включает ряд этапов. Наиболее важным является получение адекватной математической модели изучаемого процесса или явления. Данный этап предшествует этапу создания компьютерной модели.

В работе [2] была получена математическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы. В результате анализа факторов, влияющих на прочность бескруточной ровницы, выявлены основные из них, оказывающие наибольшее влияние на этот показатель. Первым из таких факторов яв-

ляются силы поверхностного натяжения водяных пленок. Вторым фактором является наличие обвивочных волокон на поверхности ровницы. Третьим фактором является наличие в составе льняного волокна водорастворимых клеящих компонентов – пектинов, которые способствуют повышению прочности ровницы со временем.

Таким образом, прочность ровницы непосредственно после формиро-
вания можно представить в виде суммы двух основных компонентов:

$$F = F_I + F_{II} \quad (1)$$

где: F_I – предельная сила до начала сдвига волокон, необходимая для преодоления сил трения, вызванных поверхностным натяжением водяных пленок между ними;

F_{II} – предельная сила до начала сдвига волокон, необходимая для преодоления сил трения, вызванных давлением на волокна сердечника обвивочными волокнами;

Получена математическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы от сил поверхностного натяжения водяных пленок:

$$F_I = 3K_{\Sigma I} l \sigma f \left[\sum_{k=0}^{0,92 \sqrt{\frac{T_p}{T_e}}} \left(\sqrt{3,25 \frac{T_p}{T_e} - 3k^2} - 1 \right) \right] \quad (2)$$

где f - коэффициент трения между волокнами;

σ – коэффициент поверхностного натяжения воды, Н/м;

l – средняя длина волокон ровницы, мм;

$K_{\Sigma I}$ – эмпирический коэффициент;

T_p – линейная плотность ровницы, текс;

T_e – линейная плотность технических волокон, текс.

Получено выражение, позволяющее оценить степень влияния обвивочных волокон на прочность некрученной льняной ровницы, с учетом отсутствия натяжения на свободном конце волокна.

$$F_{II} = 0,287 \sigma K_{ЭII} m_{\epsilon} f^2 \frac{l_{\epsilon}}{\alpha} \sin \beta \operatorname{tg} \beta \left(e^{f \alpha \sin \beta} - 1 - f \alpha \sin \beta \right) \sqrt{\frac{T_p}{T_{\epsilon}}} \quad (3)$$

где: m_{ϵ} – число обвивочных волокон на длине скольжения:

$m_{\epsilon} = K_m d_p$, здесь

K_m – коэффициент, характеризующий плотность распределения свободных концов волокон на поверхности волокнистого сердечника;

α – центральный угол, соответствующий обвивке волокнистого сердечника на длине скольжения

$$\alpha = K_{\alpha} \sin \beta / d_p \quad (4)$$

здесь K_{α} – коэффициент, зависящий от длины обвивающихся концов волокон.

В работе [2] подтверждена адекватность полученной математической модели прочности мокрой бескруточной ровницы. Формулы (1) – (4) представляют собой детерминированную модель. Однако для использования модели в составе подсистемы управления качеством прядильного производства необходимо учесть стохастический характер входящих в нее величин. Результаты анализа характера этих величин и возможных методов получения сведений об их распределении приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характер входных параметров модели и методы определения их значений.

№	Входной параметр	Характер величины	Метод определения значений параметров распределения
1	2	3	4
1	f	Случайные величины, пара-	Согласно данным [4]

2	β , рад	метры, распределения которых соответствуют нормальному закону	По результатам непосредственных замеров на образцах ровницы
3	T_b , текс		Из анализа замеров неровноты ровницы на приборе КЛА-2
1	2	3	4
4	l , мм	Случайная величина	По результатам статистической обработки штапельных диаграмм
5	α , рад	Расчетная величина, $\alpha (\beta, d_p)$	По результатам расчета, формула (5).
6	σ , Н/м	Детерминированные величины	Значения устанавливаются при запуске процесса на испытательном стенде
7	T_p , текс		
8	δ_p , г/мм ³		
9	K_m	Коэффициент, характеризующий плотность распределения свободных концов волокон на поверхности волокнистого сердечника	Из условий наилучшего совпадения расчетных значений прочности по формуле с экспериментальными
10	K_α	Коэффициент, зависящий от длины обвивающихся концов волокон.	
11	$K_{ЭП}$	Эмпирический коэффициент	

Структура алгоритма имитационно-статистической модели показана на рис. 1.

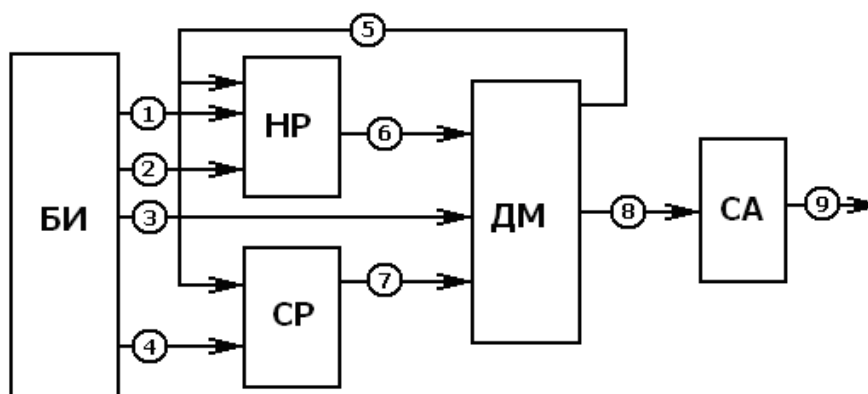


Рис. 1. Схема алгоритма имитационно-статистической модели прочности ровницы.

Алгоритм статистической модели работает следующим образом:

Исходные данные задаются в блоке интерфейса (БИ). Они имеют разную структуру в зависимости от типа. Так детерминированные данные 3 задаются однажды и поступают в блок детерминированной модели (ДМ) непосредственно из блока интерфейса. Для моделирования величин, распределенных по нормальному закону, задаются среднее значение и дисперсия, которые из блока интерфейса (БИ) по каналам 1 и 2 поступают в блок расчета единичного значения нормально распределенных величин (НР). Для величин имеющих специальный вид распределения, таких как длина волокон, в блоке интерфейса выбирается специальный массив, в котором хранятся полученные экспериментально значения длин волокон. Элементы этого массива сформированы в соответствии с законом распределения волокон в волокнистом сердечнике по длинам в штапельной диаграмме. Массив длин волокон содержит 1000 значений. Количество элементов массива, содержащих одно и тоже значение длины, соответствует процентному содержанию этого значения в штапельной диаграмме.

В каждом цикле вычислений на выходе блоков НР и СР формируется единичное значение соответствующего параметра, которое по каналам 6 и 7 передается в блок детерминированной модели (ДМ). После обработки в этом блоке полученных данных на его выходе формируется единичное значение разрывной нагрузки ровницы и номер следующего цикла вычисле-

ний. Номер цикла передается в блоки НР и СР для обработки в следующем цикле, а единичное значение разрывной нагрузки в блок статистического анализа (СА). В этом блоке рассчитываются параметры распределения выходной величины, которые используются для управления технологическим процессом. На основании их анализа делается заключение о необходимости изменения технологических параметров или об изменении состава сырья, путем изменения процентного содержания волокон в смеси.

На базе предложенного алгоритма была создана прикладная программа. Окно ввода исходных данных представлено на рис. 2

Рис.2. Окно ввода исходных параметров.

Результаты расчетов по выбору пользователя могут быть представлены в виде графиков зависимости прочности от наиболее значащих факторов: от параметров штапельной диаграммы; условий формирования (β , α , σ), технологических параметров самой ровницы (T_p).

Предложенный программный продукт может быть использован для моделирования прочности бескруточной анализа пряжи различной линейной плотности при широком диапазоне изменения определяемых параметров.

Результаты моделирования позволяют получить информацию необходимую для управления технологическим процессом получения ровницы с заданными прочностными параметрами, которые в свою очередь позволят обеспечить подачу ровницы в вытяжной пробор прядильной машины без возникновения неконтролируемой вытяжки и обеспечить требуемый уровень дробления волокна в вытяжном приборе для получения качественного конечного продукта – пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.В. Лустгартен. САПР технологических режимов ткацкого производства / Т.М. Глотов, Е.А. Смирнова. – М.: Легпромбытиздат, 1993. – 128 с.
2. Смирнова С.Г. Математическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы из льна. / Рудовский П.Н., Смирнова С.Г.; КГТУ. – Кострома, 2010.- с.21- Библиограф.:8 назв.- Рус. -Деп. в ВИНТИ. № 82-В2010.
3. Смирнова С.Г. Влияние технологических режимов формирования мокрой бескруточной ровницы на ее способность к прядению. Дисс. ... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2010.
4. Смирнова С.Г. Исследование коэффициента трения льняного волокна по льняной ровнице./ Соркин А.П., Рудовский П.Н – 61-я межвузовская научно-техническая конференция «Студенты и молодые ученые КГТУ – производству», 2009
5. Севастьянов А.Г., Севастьянов П.А. Моделирование технологических процессов. – М.:Легкая и пищевая промышленность, 1984.