УДК 677.03

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ НИТОЧНЫХ ОТХОДОВ

Д.Н. САПРЫКИН, С.М. КАБАНОВ, Г.Н. ГОРЬКОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Недостаток сырья и его высокая стоимость поставили перед текстильной промышленностью задачу использования отходов и обратов для получения пряжи соответствующего качества.

В [1] и [2] отмечается влияние воздушных потоков на процесс регенерации и повышение качества разрабатываемых ниточных отходов, которое связано с мягким эффективным разъединением их на элементарные волокна и с меньшим укорочением по длине волокна.

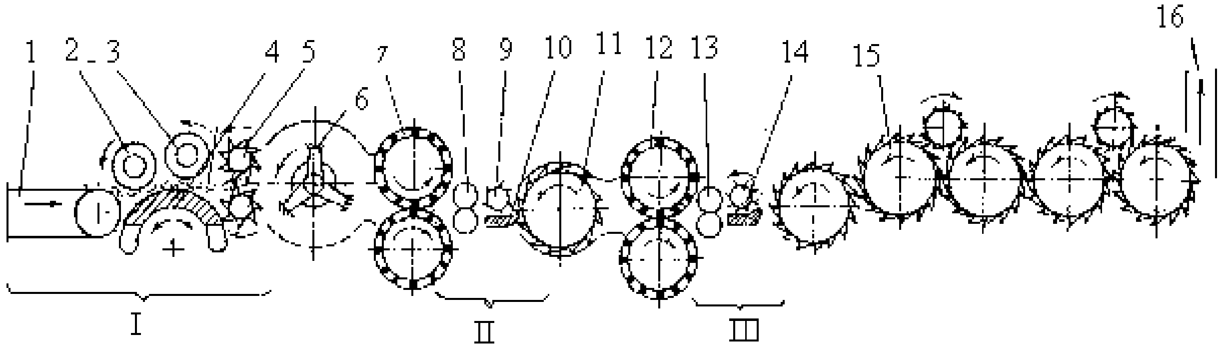

Рис. 1

На рис. 1 показано устройство [3] для регенерации текстильных отходов в виде нитей и пряжи, где все вращающиеся барабаны создают своей гарнитурой воздушный поток.

Устройство содержит несколько последовательно расположенных узлов питания I, II, III.

Узел питания I содержит транспортер 1, доставляющий разволокняемый текстильный материал, обрезиненный валик 2, ножевой валик 3, подвижный сектор 4 с возвратно-поступательным движением, что ведет к расплющиванию нитей, их раскручиванию и ослаблению прочности в продольном направлении для эффективного растаскивания подающими валиками 5, обтянутыми игольчатой гарнитурой для мягкого и эффективного разволокнения в секции II игольчатым трепалом 6 с последующей обработкой на конденсорах 7 и формированием волокнистого слоя.

Узел питания II содержит съемные цилиндры 8, питающий цилиндр 9, обтянутый гарнитурой, и питающий столик 10; секция разволокнения III содержит конденсоры 12 и аналогичную конструкцию.

Узел питания III содержит съемные цилиндры 13, питающее устройство 14 и секцию разволокнения 15 с чесальными валиками и патрубком 16 для отвода готовой продукции.

Если для каждого из этих потоков известны величина и направление скорости в каждой точке ограниченной области (плоскости), то можно построить результирующее течение (поток), которое возникает в результате наложения уже известных течений (потоков) друг на друга.

Установившееся движение сжимаемой жидкости описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\left.\begin{aligned} \beta U\frac{\partial u}{\partial x}+\beta\upsilon\frac{\partial u}{\partial y}&=-\frac{\partial p}{\partial x},\\ \beta U\frac{\partial \upsilon}{\partial x}+\beta\upsilon\frac{\partial u}{\partial y}&=-\frac{\partial p}{\partial y}.\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

В системе уравнений (1) объемные силы опущены. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial \upsilon}{\partial y}=0 \ . \qquad (2)$$

Если существует потенциал скорости φ, то

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x}=U \ , \ \frac{\partial \varphi}{\partial y}=\upsilon \ . \qquad (3)$$

Подставляя (3) в (2), для потенциала скорости получаем уравнение Лапласа [4]:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}=0 \ . \qquad (4)$$

Решение (4) сводится к построению плоскопараллельного потенциального потока.

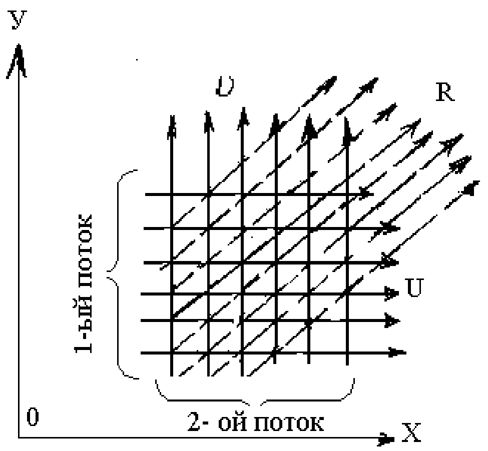

Рис. 2

Существует способ графического определения линий тока результирующего потока по линиям тока накладываемых потоков.

Для этого изображаются (рис.2) линии тока двух каких-либо плоских потоков. Пересечение этих линий тока образует сетку, где -------- результирующий поток.

Объемный расход потока между линиями тока 1 и 2 равен разности значений функций тока на этих линиях:

$$dV = Udx - \upsilon dy = d\psi \ . \qquad (5)$$

Это и является дифференциальными уравнениями линий тока.

Составляющие скорости можно выразить как частные производные от функции тока:

$$U=\frac{\partial \psi}{\partial y}, \qquad \upsilon=-\frac{\partial \psi}{\partial x}. \qquad (6)$$

Таким образом:

$$V=\int_1^2 \left(Udy-\upsilon dx\right)=\psi(x_2 y_2)-\psi(x_1 y_1) \ . \qquad (7)$$

Из рис. 2 следует, что для получения линии тока результирующего потока R достаточно соединить между собой последовательные точки пересечений линий тока накладываемых потоков υ, U, то есть по диагонали.

Аналитическое решение задачи о направлении и величине результирующего потока для 5…6 барабанов предлагаемого устройства для регенерации текстильных отходов вполне возможно. Но алгоритм этого решения очень громоздок.

Для решения задач подобного рода можно применить метод сеток (конечных разностей). Область непрерывного изменения аргументов (для двухмерного скоростного поля) x и y заменяется множеством дискретных точек, отстоящих друг от друга на интервалы $\Delta x, \Delta y$ – шаги измерения.

Линии, проводимые через интервалы $\Delta x, \Delta y$, образуют сетку; точки пересечения – узлы (1,2, 3, 4, 0, 0′, 0″) (рис. 3).

Узлы рассматриваются около точек, скорости в которых могут характеризовать скоростное поле в целом, по принципу параболической интерполяции.

Дифференциальные уравнения скорости движения потока и граничные условия заменяются на сетке уравнениями в конечных разностях, то есть системами алгебраических уравнений с числом уравнений и неизвестных узловых скоростей, равным числу узлов.

Для двухмерного скоростного поля, которое описывается уравнением (4), решение выглядит следующим образом.

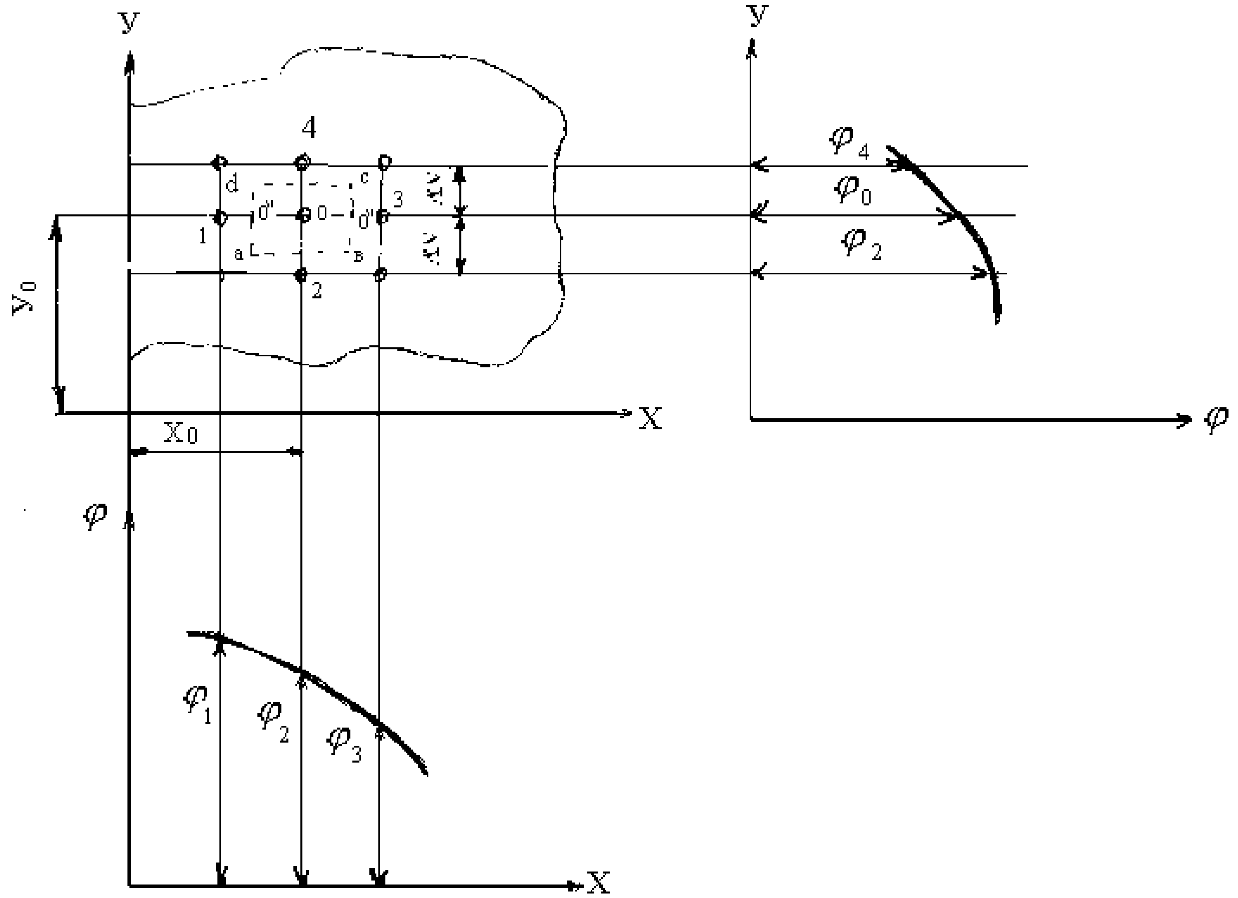

Рис. 3

В сетке с шагом Δx и Δy выделены узел 0 и соседние с ним узлы 1…4. Определим приблизительные значения производных по x справа и слева от точки 0 (в точках 0′ и 0″):

$$\partial\varphi/\partial x/_{X_0+\Delta X/2, y_0} = (\varphi_3 - \varphi_0)/\Delta x\,,$$
$$\partial\varphi/\partial x/_{X_0-\Delta X/2, y_0} = (\varphi_0 - \varphi_1)/\Delta x \qquad (8)$$

Определим вторую производную в точке 0:

$$\partial^2\varphi/\partial x^2/_{X_0, y_0} \cong \frac{1}{\Delta x}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\Big|_{X_0+\Delta X/2, y_0} - \frac{\partial\varphi}{\partial y}\Big|_{X_0-\Delta X/2, y_0}\right) =$$
$$= (\varphi_1 + \varphi_3 - 2\varphi_0)/(\Delta x)^2. \qquad (9)$$

Аналогично для оси y:

$$\partial^2\varphi/\partial y^2\Big|_{X_0, y_0} \cong (\varphi_2 + \varphi_4 - 2\varphi_0)/(\Delta y)^2\ . \qquad (10)$$

Подставив вторые производные (9) и (10) в уравнение (4) при условии $\Delta x = \Delta y = \Delta$, получим так называемую разностную схему:

$$(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 - 4\varphi_0)/\Delta^2 = 0\,. \quad (11)$$

Уравнение (11) является алгебраическим уравнением для узла 0. Аналогичные уравнения, составленные для всех узлов сети, образуют систему уравнений, решение которых позволяет найти скорости в узлах. При этом важную роль играет проблема сходимости решения, состоящая в том, что при уменьшении величины шага решение системы алгебраических уравнений приближается сколь угодно близко к точному решению исходного дифференциального уравнения (4).

При числе узлов (достигающих даже несколько десятков) это уравнение можно решить способом подстановки уравнений Гаусса, пользуясь соответствующей программой для расчета на ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борзунов И.Г.* Чесальные машины хлопчатобумажной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1971. С. 174.

2. *Кулешов Е.Н., Кулешова В.И.* Аэродинамические холстообразующие машины и устройства. – М.:Легкая индустрия, 1976. С.152.

3. Патент 2146730 Россия, D01G 11/04. – Опубл. 2000.

4. *Воднев В.Т. и др.* Основные математические формулы. – М.: Высшая школа, 1988.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 25.12.03.