

УДК 677.11.620.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЯТЬЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЛЬНОТРЕСТЫ

Ю.В. ДРОЗДОВ, Е.Л. ПАШИН, В.Г. ДРОЗДОВ

(Костромской государственной технологической университет)

В процессе мятья наблюдаются изменения структурных параметров перемещаемого в мьяльных валках стеблевого слоя. Смещение слоя и изменения среднего угла и дезориентации стеблей приводит к существенному увеличению доли стеблей, идущих в отходы при трепании, и, как

следствие, к уменьшению показателя пригодности слоя к обработке трепанием.

Возможность оценки изменения структурных параметров слоя в процессе мятья позволила бы располагать слой оптимальным образом, чтобы обеспечить максимальный показатель пригодности слоя.

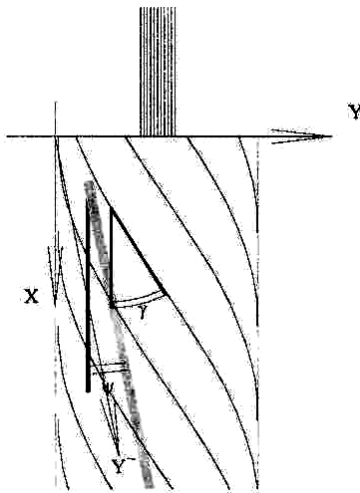


Рис. 1

Предложенный в [1] метод определения периметра излома стеблей $P_{изл}$ позволил осуществить математическое моделирование процесса мятья. Однако при поступлении сырья в мьяльные пары под углом ψ к осевой линии валков, имеющих угол наклона винтовой линии γ (рис. 1), при условии, что $\gamma \cong \psi$, периметр излома может быть сколь угодно большим, в то время как степень гофрирования стеблей в мьяльных валках будет незначительной. При этом на скорость прохождения материала через мьяльную пару будет влиять не периметр излома, а степень гофрирования ма-

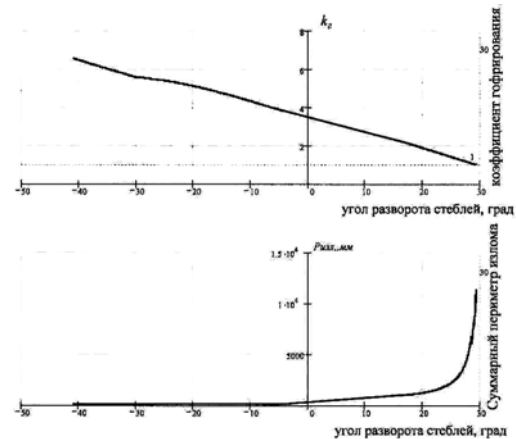


Рис. 2

териала. В связи с этим предлагаем ввести коэффициент гофрирования стеблей, определяемый как отношение периметра излома стеблей к длине участка стеблей, прошедшего за один оборот плющильных вальцов, с диаметром, соответствующим расстоянию между центрами мьяльных валков:

$$k_r = \frac{P_{изл}}{P_{плющ\ изл}} = \frac{P_{изл}}{\pi H} |\sin(\psi - \gamma)|, \quad (1)$$

где H – расстояние между центрами мьяльных валков.

Из выражения (1) очевидно, что предложенный коэффициент будет равен единице, если слой стеблей не был гофрирован. Например, при поступлении слоя под углом 0° в мяльные валцы прямого рифления коэффициент гофрирования равен единице, а периметр излома будет стремиться к бесконечности.

На рис. 2 приведены расчетные значения коэффициента гофрирования, а также периметра от угла разворота стеблей в мяльной паре.

Для одностеблевого слоя скорость движения слоя с учетом коэффициента гофрирования будет определяться следующим образом:

$$v_c = k_r H \omega, \quad (3)$$

где ω – угловая скорость движения валков.

Составляющая скорости движения слоя, вызванная движением рифлей (без учета гофрирования слоя), направлена перпендикулярно углу подъема винтовой линии. По выражению (3) определен модуль вектора скорости. Проекция вектора на оси OX , OY определяется следующим образом (рис.1):

$$v_c^x = -v_c \cos(\gamma), \quad (4)$$

$$v_c^y = v_c \sin(\gamma).$$

Скорость движения слоя стеблей является основой для моделирования изменения положения совокупности стеблей в слое в процессе промина.

Для анализа процесса мятья неоднородного слоя стеблей представим его как совокупность отдельных порций стеблей, характеризующихся углом разворота и распределением толщины. Наличие внешних сил, действующих со стороны мяльной машины на слой, приводит к тому, что каждая точка слоя характеризуется определенной скоростью движения, вызванной движением мяльных валков (4) и деформацией слоя вследствие гофрирования ("стягивания" слоя к центру) (рис. 3). Величина гофрирования зависит от коэффициента гофрирования (1).

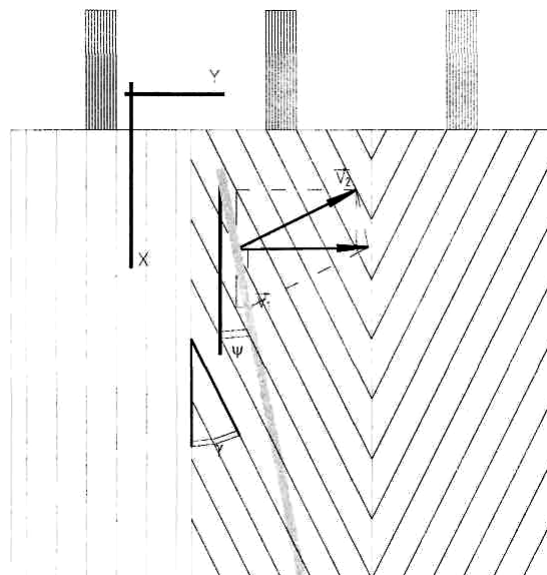


Рис. 3

Для определения этой составляющей скорости предлагается всю рассматриваемую порцию стеблей мысленно разбить на сколь угодно малые равноотстоящие друг от друга участки с координатами x_i, y_i ($i = 0, \dots, n$), шириной $\Delta x = x_i - x_{i-1}$, $\Delta y = y_i - y_{i-1} = \Delta x \cdot \operatorname{tg}(\psi)$.

Текущие координаты рассматриваемого участка порции стеблей в момент времени $t+dt$ можно вычислить с учетом коэффициента гофрирования и его координат в момент времени t следующим образом:

$$y_i^{(t+dt)} = (y_i^{(t)} - y_{i-1}^{(t)}) \frac{k_r^{(t)}}{k_r^{(t+dt)}} + y_{i-1}^{(t)},$$

$$x_i^{(t+dt)} = (x_i^{(t)} - x_{i-1}^{(t)}) \frac{k_r^{(t)}}{k_r^{(t+dt)}} + x_{i-1}^{(t)}$$

или

$$(5)$$

$$y_i^{(t+dt)} = (y_i^{(t)} - y_{i+1}^{(t)}) \frac{k_r^{(t)}}{k_r^{(t+dt)}} + y_{i+1}^{(t)},$$

$$x_i^{(t+dt)} = (x_i^{(t)} - x_{i+1}^{(t)}) \frac{k_r^{(t)}}{k_r^{(t+dt)}} + x_{i+1}^{(t)}.$$

Предположим, что в результате гофрирования стебли стягиваются к середине слоя, то есть элемент слоя с координатами, соответствующими середине слоя в результате гофрирования, не будет изменять

своих координат.

Тогда скорость, вызванная гофрированием слоя, будет определяться:

$$v_{\text{гоф}}^x = \frac{dx}{dt} = \frac{x_i^{(t+dt)} - x_i^t}{dt}, \quad (6)$$

$$v_{\text{гоф}}^y = \frac{dy}{dt} = \frac{y_i^{(t+dt)} - y_i^t}{dt}.$$

Таким образом, скорость движения каждого участка слоя с учетом (4) и (6) (рис.3) будет определяться следующим образом:

$$v^x = -v_c \cos(\gamma) + \frac{x_i^{(t+dt)} - x_i^t}{dt}, \quad (7)$$

$$v^y = v_c \sin(\gamma) + \frac{y_i^{(t+dt)} - y_i^t}{dt}.$$

Помимо влияния внешних сил, действующих на указанную порцию стеблей, существуют внутренние силы, которые приводят к тому, что слой стеблей ведет себя как единый объект, обладающий поступательной и угловой скоростью движения.

Для определения линейной и угловой скорости движения слоя воспользуемся теоремами об изменении количества движения системы и изменении кинетического момента системы.

Теорема об изменении количества движения системы [2] позволяет охарактеризовать движения системы с учетом только внешних сил:

$$mv_{\text{эКВ}} = \int v dm. \quad (8)$$

Рассмотрим участок слоя шириной Δ с углом ориентации ψ , заключенный в прямоугольнике с координатами противоположных вершин (x_0, x_1) и $(y_0, y_0 + (x_1 - x_0) \tan \psi)$ (рис.4):

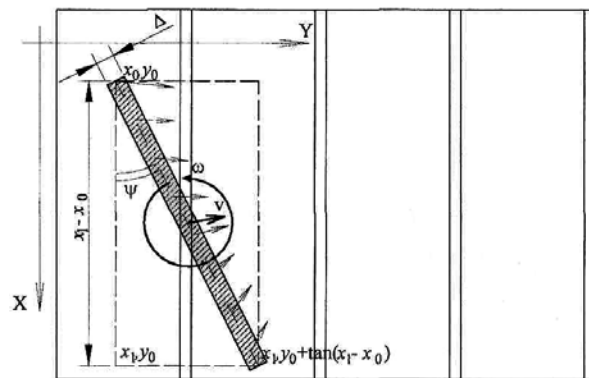


Рис. 4

$$\begin{aligned} \Delta m &= \rho dV = \rho h_3 dS, \\ \Delta S &= \frac{\Delta dx}{\cos \psi}, \\ \Delta m &= \rho \frac{\Delta}{\cos \psi} h_3 dx, \end{aligned} \quad (9)$$

где Δm , ΔS – масса и площадь участка слоя, ρ – плотность слоя.

Учитывая выражение (8), получаем:

$$v_{\text{эКВ}} = \frac{\rho \frac{\Delta}{\cos \psi} \int_{x_0}^{x_1} v(x, y) h(x, y) dx}{\rho \frac{\Delta}{\cos \psi} \int_{x_0}^{x_1} h(x, y) dx}, \quad (10)$$

$$v_{\text{эКВ}} = \frac{\int_{x_0}^{x_1} v(x, y) h(x, y) dx}{\int_{x_0}^{x_1} h(x, y) dx}, \quad (11)$$

где $v(x, y)$, $h(x, y)$ – скорость движения слоя и его толщина в точке с координатами x, y .

Или в проекциях на оси:

$$v_{\text{эКВ}}^x = \frac{\int_{x_0}^{x_1} v^x(x, y) h(x, y) dx}{\int_{x_0}^{x_1} h(x, y) dx}, \quad (12)$$

$$v_{\text{эКВ}}^y = \frac{\int_{x_0}^{x_1} v^y(x, y) h(x, y) dx}{\int_{x_0}^{x_1} h(x, y) dx}.$$

Определим момент инерции этого участка слоя относительно центра масс:

$$dm = \rho \Delta h(x, y) dx, \quad J_0 = \int x^2 dm = \rho \frac{\Delta}{\cos^2 \psi} \int h(x, y) (x - x_{\text{ц}})^2 dx, \quad (13)$$

где $x_{\text{ц}}$ – координата центра масс, вычисляемого по формуле:

$$x_{\text{ц}} = \frac{\int_{x_0}^{x_1} x h(x) dx}{\int_{x_0}^{x_1} h(x) dx}. \quad (14)$$

Определим суммарный кинематичес-

$$\omega = \frac{K}{J_0} = \frac{\int v^y (x - x_{\text{ц}}) h(x, y) dx - \int v^x (y - y_{\text{ц}}) h(x, y) dy}{\int h(x, y) (x - x_{\text{ц}})^2 dx} \cos^2 \psi. \quad (16)$$

Полученные в ходе математического моделирования скоростные параметры слоя являются основой для проектирования изменения структурных параметров слоя в процессе мятья. Это позволит оценить изменения показателя пригодности слоя к трепанию и позволит сформировать алгоритм автоматического управления положением слоя на входе в мяльно-трепальный агрегат.

ВЫВОДЫ

При моделировании изменений параметров структуры слоя стеблей в процессе их обработки на мяльной машине необходимо учитывать распределения толщины

кий момент относительно этой же точки:

$$K = \rho \Delta \left(\int v^y (x - x_{\text{ц}}) h(x, y) dx - \int v^x (y - y_{\text{ц}}) h(x, y) dy \right). \quad (15)$$

Таким образом, угловая скорость вращения относительно центра масс определяется следующим образом:

слоя по его длине, а также коэффициент гофрирования слоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обоснование алгоритма определения периметра излома льняной тресты в мяльной паре/ Дроздов Ю.В., Пашин Е. Л.; Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур – Кострома, 2004. – 19 с. – 5 ил. – Библиогр.: 19 назв. – Рус. – Депон. в ВИНТИ 28.04.04, №718 – В2004

2. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: Учебник для машиностроит. и приборостроит. спец. вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 30.06.08.