

УДК 677.051: 677.021

**ВЫДЕЛЕНИЕ СОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ
С ПОВЕРХНОСТИ СЛОЯ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА**

**SELECTION OF TRASH FROM THE SURFACE
OF FIBROUS MATERIAL LAYER**

A.P. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Д.А. ЛЕБЕДЕВ, А.Г. ШУТОВА
A.R. KORABELNIKOV, D.A. LEBEDEV, A.G. SHUTOVA

(Костромской государственный технологический университет)
(Kostroma State Technological University)

E-mail: tmm@kstu. edu. ru

В работе на основе анализа динамики взаимодействия сорных примесей с волокном разработан новый подход к моделированию процесса очистки

волокнистого материала, получены динамические и математические модели взаимодействия сорных примесей с волокном, позволяющие анализировать влияние основных параметров системы на эффективность процесса очистки.

On the basis of the analysis of dynamics of trash and fiber interaction the new method to modeling of the process of fibrous material clearing has been developed in the article, dynamic and mathematical models of trash and fiber interaction allowing to analyze the influence of basic parameters of the system on effectiveness of the clearing process have been received.

Ключевые слова: очистка волокна, хлопок, сорные примеси, волокноочиститель.

Keywords: fiber clearing, cotton, trash, fiber cleaner.

При механическом способе очистки и разрыхления хлопкового и модифицированного льняного волокна удаление сорных примесей происходит в результате различных по динамике и схеме приложения воздействий со стороны рабочих органов очистительных машин.

Располагаются сорные примеси как на поверхности пучка волокна, так и внутри волокнистой массы, имея разную степень связи с волокном.

Значительный интерес представляет рассмотрение динамики взаимодействия слоя волокон с частицей сора, расположенной на его поверхности и связанной с ним. Изучение причин выделения сора из массы волокна при воздействии на нее рабочих органов позволит более точно и обоснованно подходить к выбору параметров и состава рабочих органов, к определению скоростных режимов работы машин [1], [2].

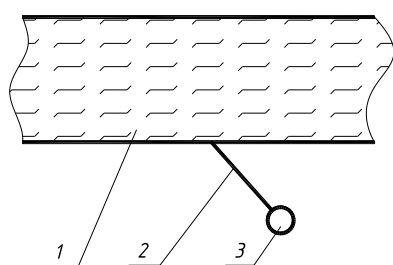


Рис. 1

Рассмотрим случай, когда сорная частица располагается на поверхности волокнистого слоя и имеет гибкую связь с ним (рис. 1 – расположение сорной частицы на

поверхности слоя волокна и имеющей с ним гибкую связь: 1 – слой волокна; 2 – связь частицы сора с волокнистым слоем; 3 – сорная примесь). Слой волокна испытывает периодические ударные воздействия, при которых связанная с ним гибкой связью сорная частица или группа спутанных волокон совершают колебательное движение.

При разработке модели процесса взаимодействия зададимся следующими допущениями.

1. Сорная примесь связана со слоем волокна гибкой связью и может свободно вращаться относительно точки закрепления гибкой связи на слое волокна.
2. Силами аэродинамического сопротивления пренебрегаем.

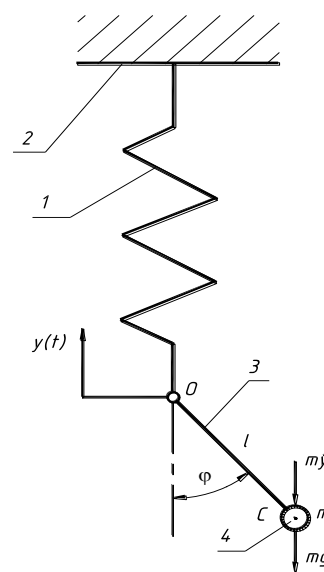


Рис. 2

Частицу посторонней примеси, расположенную на поверхности пучка волокон, смоделируем в виде математического маятника на подвижном основании (рис. 2 – математический маятник на подвижном основании: 1 – слой волокна; 2 – рабочий орган; 3 – связь частицы сора с волокнистым слоем; 4 – сорная примесь).

Дифференциальное уравнение малых относительных колебаний маятника можно записать как:

$$m\ell^2\ddot{\varphi} = -(mg + m\ddot{y}(t))\ell\varphi, \quad (1)$$

где ℓ – характерный размер сорной примеси (расстояние от точки подвеса O до центра тяжести C примеси); J_0 – момент инерции сорной частицы относительно точки O ; mg – сила тяжести, действующая на сорную примесь; $m\ddot{y}(t)$ – переносная сила инерции.

После преобразований получим:

$$\ddot{\varphi} + \frac{g + \ddot{y}(t)}{\ell}\varphi = 0. \quad (2)$$

Последнее уравнение описывает так называемые параметрические колебания маятника. Здесь $\frac{g + \ddot{y}(t)}{\ell}$ – переменный коэффициент при φ (переменный параметр системы).

Если колебания маятника (изменение угла φ) происходит с возрастающими амплитудами (параметрический резонанс), то состояние равновесия будет неустойчивым. В этом случае, видимо, следует ожидать отрыва частицы сора от волокна.

Для дальнейших рассуждений примем, что движение основания (слоя волокна) при воздействии на него рабочего органа подчиняется гармоническому закону:

$$y(t) = h \cos \omega t, \quad (3)$$

где h – амплитуда колебаний (максимальная деформация слоя волокон); ω – частота колебаний основания пучка волокон.

Дважды дифференцируя уравнение (3), получим:

$$\ddot{y}(t) = -h\omega^2 \cos \omega t. \quad (4)$$

Подставив уравнение (4) в (2), получим:

$$\ddot{\varphi} + \frac{g - h\omega^2 \cos \omega t}{\ell}\varphi = 0. \quad (5)$$

Дифференциальное уравнение (5) представляет собой уравнением Матье [3]. Обычно это уравнение записывается в форме:

$$\frac{d^2\varphi}{d\tau^2} + (a - 2\varepsilon \cos 2\tau)\varphi = 0. \quad (6)$$

Решениями уравнения (6) служат специальные функции, называемые функциями Матье.

Если подставить следующие обозначения:

$$\omega t = 2\tau, \quad (7)$$

$$a = \frac{4g}{\ell\omega^2}, \quad (8)$$

$$\varepsilon = \frac{2h}{\ell}, \quad (9)$$

эти решения могут быть или ограниченными или неограниченно возрастающими. Если дифференциальное уравнение задачи приведено к форме (6), то по данным a и ε с помощью диаграммы устойчивости Айнса – Стретта (рис. 3) можно сразу сделать заключения об устойчивости (сор не выделяется) и неустойчивости (сор отрывается) системы.

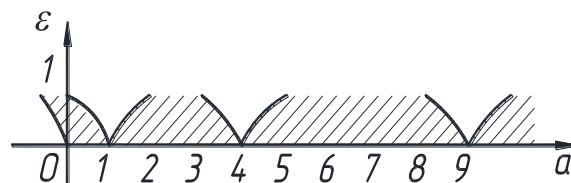


Рис. 3

Из диаграммы Айнса-Стретта, представленной на рис. 3, видно, что в области точек диаграммы $a=1, 4, 9, \dots$ следует ожидать появления неустойчивости системы. Величину a можно определить из выражения (8).

Согласно уравнению (8) величина, a прямо пропорциональна ускорению свободного падения g (постоянная величина) и обратно пропорциональна квадрату частоты колебаний слоя волокон ω и характерному размеру сорных примесей ℓ .

Таким образом, для сорных примесей, расположенных на поверхности слоя волокна и имеющих различный характерный размер, необходимо воздействие с различной частотой, что позволит обеспечить их более массовое выделение. Причем соотношение частоты воздействия на слой и характерный размер сорных примесей должны иметь вполне четкое соотношение, следующее из выражения (8) и диаграммы на рис. 3. Очевидно, что при высокой частоте воздействия будут выделяться преимущественно сорные примеси, имеющие малый характерный размер, а при снижении частоты воздействия возникнет массовое выделение сорных примесей, имеющих больший характерный размер. Так как геометрические характеристики сорных примесей имеют вероятностный характер, то для более полного выделения сорных примесей, расположенных на поверхности слоя волокна, необходимо воздействие целым спектром частот. Это обстоятельство необходимо учитывать при создании нового оборудования для волоконной очистки и при определении режимов ра-

боты очистителей волокна. При создании новой техники возможно применение рабочих органов (колков) с неравномерным расположением на поверхности рабочего барабана, либо применение нескольких рабочих барабанов, имеющих различную частоту вращения и последовательно воздействующих на слой волокна.

ВЫВОДЫ

В результате анализа динамики взаимодействия сорных примесей с волокном разработан новый подход к моделированию процесса очистки волокнистого материала от сорных примесей, расположенных на поверхности волокнистого слоя, с учетом геометрических характеристик связей сорных примесей с волокнистым слоем и частотой воздействия рабочих органов на слой волокна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев Д. А., Корабельников А. Р., Ширяев К. Е., Корабельников Р. В. Нелинейная модель воздействия на сорную частицу при очистке волокна / Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №5.
2. Лебедев Д. А., Корабельников А. Р., Корабельников Р. В. Механизм удаления сорных примесей в процессе очистки / Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4.
3. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1976.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 01.06.12.