

УДК 624.01

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ХЛОПКА-СЫРЦА ВНУТРИ ДВУХБАРАБАННОГО ПИТАТЕЛЯ

*Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Д.М. МУХАММАДИЕВ, Ш.У. РАХМАТКАРИЕВ*

(Костромской государственный технологический университет,  
Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН Республики Узбекистан)

Питающие системы в линейно-поточной технологии переработки хлопка-сырца служат основными машинами, обеспечивающими равномерный и непрерывный поток хлопка перед процессом его очистки и джинирования, и во многом определяют эффективность работы всего комплекса [1], [2]. В связи с этим возникает необходимость в разработке питателя повышенной производительности для одноджинной поточной линии, так как существующий питатель ПД снижает такие показатели, как:

- разрыхленность хлопка за счет неравномерной подачи по времени и длине рабочей камеры пыльного джина;
- очистительный эффект питателя.

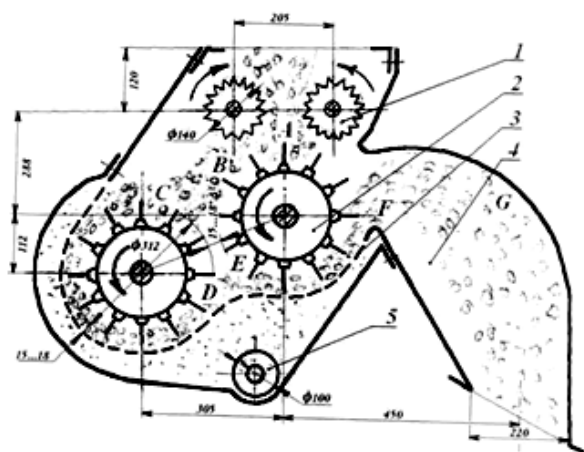


Рис. 1

Для устранения вышеуказанных недостатков питателя ПД разработан двухбарабанный питатель (рис.1): для увеличения разрыхления хлопка и очистительного

эффекта установлен дополнительный колковый барабан, а для уменьшения поврежденности хлопка снижена линейная скорость колкового барабана.

Однако для эффективной работы предложенного двухбарабанного питателя, обеспечивающего улучшение разрыхления, очистки и равномерной подачи хлопка в рабочую камеру в заданной производительности, необходимо изучить, используя математическое моделирование движения хлопка внутри двухбарабанного питателя, факторы, влияющие на его движение; установить диаметр и частоту вращения колковых барабанов, производительность питателя и угол падения хлопка на поверхность колкового барабана, при которых обеспечивается улучшенное разрыхление, очистка и равномерная подача хлопка в рабочую камеру.

На рис.1 изображена схема двухбарабанного питателя. Хлопок-сырец распределительным шнеком направляется в шахту, а из нее в двухбарабанный питатель. Питающие валики 1, получая вращение один навстречу другому от питающего механизма, захватывают хлопок из шахты и подают его равномерным слоем к первому колковому барабану 2. Последний, в свою очередь, набрасывает хлопок на второй колковый барабан. Далее хлопок протаскивается по сетчатой поверхности и набрасывается на первый колковый барабан. Хлопок с первого колкового барабана набрасывается в лоток 5 и направляется в рабочую камеру джина. Сорные примеси выделяются через отверстия сетчатой по-

верхности 3 и сорным шнеком 4 отводятся из машины. Скорость вращения питающих

валиков в зависимости от положения рукоятки указана в табл. 1.

Таблица 1

Положение рукоятки питателя	Время за один оборот, с	Число оборотов в минуту	Производительность по хлопку:	
			кг/ч	кг/с
3,0	11,8	5,1	1234,9	0,343
2,5	8,9	6,7	1350,0	0,375
2,0	7,2	8,3	1475,0	0,410
1,5	5,9	10,2	1600,0	0,444
1,0	5,0	12,0	1723,5	0,479

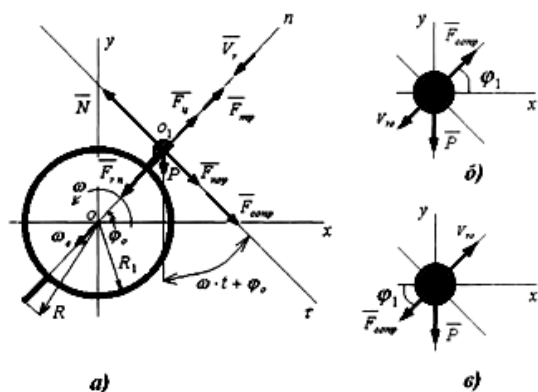


Рис. 2

Расчетная схема движения хлопко-сырца внутри двухбарабанного питателя (рис. 2) состоит из шести частей (рис. 1). Из них первая (AB), третья (CB) и пятая (EF) совершаются на поверхности соответственно первого, второго и первого колкового барабанов. А вторая (BC), четвертая (DE) и шестая (FG) совершаются с отрывом от колковых барабанов.

Расчетная схема движения хлопка на поверхности колкового барабана (рис.2-а) состоит из массы  $m$ , находящейся на поверхности вращающегося с постоянной угловой скоростью колкового барабана, который имеет радиус  $R$  и начальный угол  $\phi_0$ , и совершающей относительно него перемещение  $S$  за время  $t$ .

Обозначим угол захвата хлопка колковым барабаном через  $\phi_0$ , а угол сброса –  $\phi_1$ . Предположим, что хлопок в процессе передвижения меняется незначительно, и тогда величиной сора и сорных примесей, ушедших с воздухом, из-за их малости можно пренебречь (при этом засоренность хлопко-сырца на I-III сортах составляет 3...5%).

Выберем неподвижную систему коор-

динат с началом в неподвижной точке  $O$  и обозначим ее  $XOY$ . Подвижную и относительную систему координат выбираем с началом в точке  $O_1$  на барабане. Ось  $O_1\tau$  направлена по касательной к диаметру. За положительное направление примем вращение по часовой стрелке, ось  $O_1n$  – перпендикулярной оси  $O_1\tau$ , систему координат  $\tau O_1 n$  – жестко связанной с барабаном и, следовательно, вращаемой вместе с ним с постоянной угловой скоростью  $\omega$  (рис. 2-а).

Масса хлопка, лежащего на колковом барабане, рассматривалась в виде цельного прямоугольника со сторонами  $S_{пр}=0,0525 \cdot 0,0525 \text{ м}^2$ . При этом предполагалось, что она сосредоточена в центре прямоугольника, и в зависимости от производительности меняется толщина слоя хлопка, которая выбиралась для  $\Pi = 1587 \text{ кг/ч}$ ,  $\Delta_{ср} = 0,0525 \text{ м}$  (она зависит от плотности хлопко-сырца и габаритных размеров питателя).

На массу хлопка действуют следующие силы:  $P=mg$  – вес хлопка, Н;  $F_{сопр}=K^*V^2$  – сила сопротивления воздушного потока, Н;  $F_{ц}=mR\omega^2$  – центробежная сила, Н;  $F_{тр} = K_{тр}N$  – сила трения хлопка о поверхность колка, Н;  $N$  – нормальная сила реакции, Н, где  $V=\omega R$  – абсолютная скорость воздушного потока, м/с;  $\omega=\pi n/30$  – угловая скорость колкового барабана, рад/с;  $n=30\omega/\pi=490 \text{ мин}^{-1}$  – частота вращения колкового барабана;  $K^*$  – коэффициент пропорциональности;  $K_{тр}=0,3$  – коэффициент трения между хлопком и колковыми барабанами [3];  $V_s=0,6 V_{воз}$  – скорость витания, м/с [4];  $V_{то}$  – относительная скорость колкового барабана и хлопка до падения на колос колкового барабана, м/с.

Составим уравнение динамики материальной точки:

$$m\overline{W} = \overline{F}_{тр} + \overline{P} + \overline{F}_{ц} + \overline{F}_{сопр} + \overline{N}. \quad (1)$$

где  $\overline{W}_{кор} = 2\omega\dot{s}$ ;  $\dot{s} = ds/dt$  – скорость относительного движения хлопка, м/с;  $\overline{W}_m = \dot{s}^2/R$ ;  $\overline{W}_{ет}$  – тангенциальное ускорение в переносном движении равно нулю, так как  $\dot{\omega} = 0$ .

Проектируя уравнение (2) на ось "τ"

$$\ddot{s} = \frac{d^2s}{dt^2} = K_{тр} \left[ \frac{K^*(\omega R)^2}{m} + 2\omega\dot{s} + g \sin(\omega t + \varphi_0) \right] - \frac{\dot{s}^2}{R} - g \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (4)$$

– для верхнего отрыва от колкового барабана.

Расчетная схема для движения хлопка с отрывом от колковых барабанов (рис. 2-б – для верхнего отрыва от колкового барабана, рис.2-в – для нижнего отрыва от колкового барабана) состоит из массы  $m$ , брошенной с поверхности колкового барабана со скоростью  $V_{го}$  под углом сброса  $\varphi_1(\omega t + \varphi_0)$  к горизонтальной оси, совершающей перемещение  $S$  за время  $t$ .

Выберем неподвижную систему координат с началом в неподвижной точке  $O$  и обозначим ее  $XOY$ . На хлопок действуют две силы: сила тяжести  $\overline{P}$ , направленная по вертикали вниз, и сила сопротивления воздушного потока  $\overline{F}_{сопр}$ , направление которой противоположно направлению скорости  $V_{го}$ . Равнодействующая сила:

$$m\overline{W} = \overline{P} + \overline{F}_{сопр}.$$

Для проекций равнодействующей силы  $m\overline{W}$  на оси координат, считая, что в выбранном положении точки и положительных значениях  $\overline{V}_x$  и  $\overline{V}_y$ , имеем:

$$\text{Так как } \overline{W} = \overline{W}_m + \overline{W}_{тр} + \overline{W}_{ен} + \overline{W}_{ет} + \overline{W}_{кор},$$

то для относительного движения получим:

$$m\overline{W}_{тр} = -m\overline{W}_m - m\overline{W}_{ен} - m\overline{W}_{кор} + \overline{F}_{тр} + \overline{P} + \overline{F}_{ц} + \overline{F}_{сопр} + \overline{N}, \quad (2)$$

(рис. 2), находим нормальную реакцию:

$$N = K^*(\omega R)^2 + 2m\omega\dot{s} + mg \sin(\omega t + \varphi_0). \quad (3)$$

Проектируя (2) на ось "n" (рис. 2) и сокращая массы волокна, получим уравнение движения хлопка по поверхности колкового барабана:

$$F_x = -(K^*V_y^2) \sin(\varphi_1), \quad (5)$$

$$F_y = -(K^*V_y^2) \cos(\varphi_1) - mg.$$

Дифференциальные уравнения движения хлопка имеют следующий вид:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{(K^*V_x^2) \sin(\varphi_1)}{m}, \quad (6)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{(K^*V_y^2) \cos(\varphi_1)}{m} - g.$$

Уравнения движения хлопка с отрывом от второго колкового барабана имеют следующий вид:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{(K^*V_x^2) \sin(2\pi - \varphi_1)}{m}, \quad (7)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{(K^*V_y^2) \cos(2\pi - \varphi_1)}{m} - g.$$

При решении уравнения (4) для первой, третьей и пятой части соблюдались сле-

дующие условия, которые приведены в табл.2, где  $\Delta_a=0,018$  м – расстояния между колковым барабаном и сетчатой поверхностью;  $\Delta_x=0,305$  м – расстояния между барабанами по оси X;  $\Delta_y=0,112$  м – расстояния между барабанами по оси Y;  $R'$  – уравнения движения хлопка, совершающе-

гося на поверхности колкового барабана в функции угла вращения;  $R$  – радиус колкового барабана, включающий вершины колка;  $R_1$  – радиус колкового барабана без вершин колков.

Таблица 2

Условия	Движение хлопка по колковым барабанам	
	для первой части	для третьей и пятой части
Движение хлопка по поверхности первого колкового барабана определялось по уравнению	$R' = R' + \dot{s}$ при различных углах $(\omega t + \varphi_0)$	
Движение хлопка по поверхности первого колкового барабана в координатах определяется по уравнениям	$x = R' \cos(\omega t + \varphi_0)$ $y = R' \sin(\omega t + \varphi_0)$	$x = R' \cos(\omega t + \varphi_0) - \Delta_x$ $y = R' \sin(\omega t + \varphi_0) - \Delta_y$
Решение уравнения (4) прекращалось, так как это соответствовало отрыву хлопка с поверхности колкового барабана	$R < R'$	$(\omega t + \varphi_0) > 315^\circ$
При $(R + \dot{s}) < R_1$	-	$K_{тр}=0,3$ и $R' = R_1 + \dot{s}$
При $(R + \dot{s}) \geq (R + \Delta_a)$	-	$K_{тр}=0,7$ и $R' = R + \Delta_a - \dot{s}$
При $(R + \dot{s}) > R_1$ и $(R + \dot{s}) < R$	-	$K_{тр}=0,3$

При решении уравнения для второй (7), четвертой и шестой частей (6) соблюдались следующие условия, которые приведены в табл. 3.

Для решения уравнений (4), (6) и (7) использовался численный метод Рунге-Кутты для дифференциального уравнения второго порядка вида  $\ddot{s} = d^2s/dt^2 = F(t, s, \dot{s})$  [5]. Перед началом вычислений задавался шаг  $\Delta t$  и начальные

значения  $t_0, s(t_0)=s_0$  и  $\dot{s}(t_0) = \dot{s}_0$ .

Нами использованы следующие данные:  $\omega_B=1,256$  с<sup>-1</sup>;  $R_B=0,07$  м;  $\omega=47,12$  с<sup>-1</sup>;  $\ell_{раб}=0,55$  м;  $R=0,156$  м;  $R_1=0,101$  м;  $\varphi_0=90^\circ$ ;  $\rho_B=50$  кг/м<sup>3</sup>;  $S_{пр}=\ell_{раб} \cdot 0,0525=0,00275625$  м<sup>2</sup>;  $\Pi = 1587$  кг/ч;  $q = 0,1639$  кг/м<sup>2</sup>;  $m = qS_{пр}=0,004818736$  кг;  $\Delta_{ср}=0,0525$  м;  $\Delta_x = 0,305$  м;  $\Delta_y=0,112$  м;  $\Delta_a=0,018$  м;  $K^* = \Delta_{ср} \cdot \ell_{раб} \omega R = 0,0016882$  кг/м;  $V_{го} = \omega_B R_B = 0,088$  м/с.

Таблица 3

Условия	Движение хлопка по колковым барабанам	
	для второй части	для четвертой и шестой части
Движение хлопка с отрывом от первого колкового барабана в координатах определяется по уравнениям	$x = x + \dot{s}$ и $y = y + \dot{s}$	
Угол попадания хлопка на второй колковый барабан и длина прямой	$\varphi_0 = \arctg \left[ \frac{y + \Delta_y}{x + \Delta_x} \right]$ $L_d = \sqrt{(x + \Delta_x)^2 + (y + \Delta_y)^2}$	$\varphi_0 = \arctg \left[ \frac{y}{x} \right]$ $L_d = \sqrt{x^2 + y^2}$
Решение уравнений (5), (6) прекращалось при	$L_d \leq R$	$L_d \leq R$

На основе реализации математической модели двухбарабанного питателя на ЭВМ построены графики изменения движения хлопка-сырца внутри питателя в зависимости от угла падения и скорости падения  $V_{го}$  на поверхность колкового барабана (частоты

вращения питающих валиков и производительности питателя) (рис.3); от диаметра и частоты вращения колковых барабанов (рис. 4), где 1 – первый колковый барабан; 2 – второй колковый барабан.

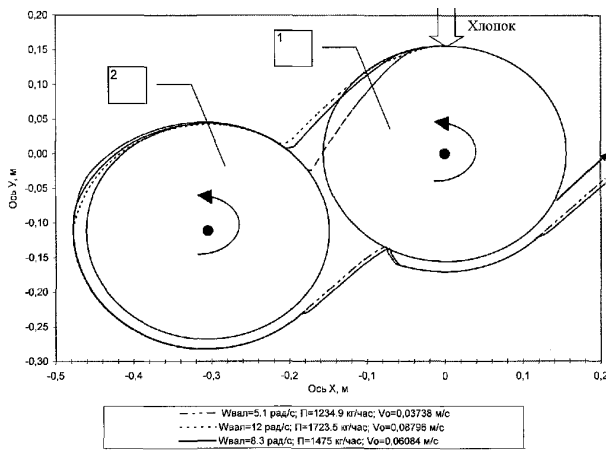


Рис. 3

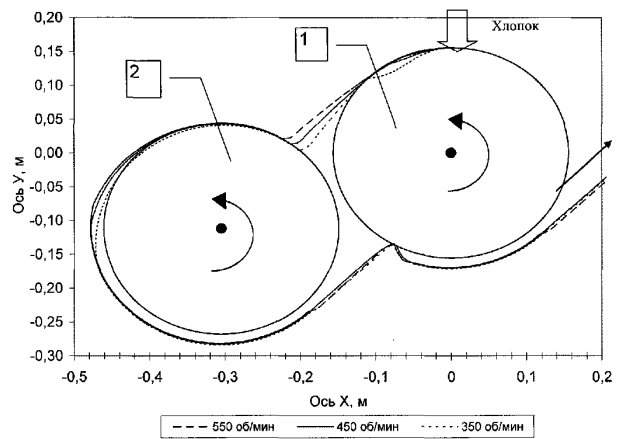


Рис. 4

Установлено, что с увеличением диаметров колковых барабанов и угла падения  $\varphi_0$  увеличивается путь прохождения хлопка по сетчатой поверхности питателя и время пребывания хлопка внутри питателя.

Изменение траектории хлопка в зависимости от частоты вращения питающих валов (производительности питателя) (рис. 3) показало, что с увеличением частоты вращения питающих валов соответственно увеличивается производительность питателя, путь прохождения хлопка по сетчатой поверхности, а также попадание хлопка в межбарабанный зазор.

Изменение траектории хлопка в зависимости от частоты вращения колкового барабана (рис.4) показало, что с увеличением  $\omega$  увеличивается путь прохождения хлопка по сетчатой поверхности питателя и уменьшается время пребывания хлопка внутри питателя.

Нахождение рациональных параметров двухбарабанного питателя велось методом Гаусса-Зайделя [6] по критерию пути прохождения хлопка по сетчатой поверхности. Для этого варьировались следующие параметры:  $\varphi_0=60\div 120^\circ$ ;  $V_{го} = 0,037\div 0,088$  м/с;  $\omega = 36,65\div 57,59$  с $^{-1}$ ;  $R = 0,136\div 0,176$  м;  $R_1 = 0,081\div 0,121$  м.

В результате исследования движения хлопка-сырца внутри двухбарабанного питателя определены диаметр (312 мм) и частота вращения колковых барабанов ( $51,31$  с $^{-1}$ ), производительность питателя (1587 кг/ч) и угол падения хлопка на поверхность колкового барабана ( $\varphi_0=90^\circ$ ) – при которых обеспечивается улучшение разрыхления, очистки и равномерной подачи хлопка в рабочую камеру.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мирошниченко Г.И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. – М.: Машиностроение, 1972. С. 212...273, 252...256.
2. Паспорт. Джин пильный марки 5ДП-130. – Т.: Узбекхлопкомаш, 1988.
3. Справочник по первичной обработке хлопка/ Под ред. Родичева С.Д. – М.: Гизлегпром, 1959.
4. Любич А.М. Исследование скорости витания сыпучих материалов в пневмотранспортных установках легкой промышленности: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1969.
5. Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке БЕЙСИК для персональных ЭВМ. – М.: Наука, 1987.
6. Аугамбаев М., Иванов А.З., Терехов Ю.Т. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента. – Т.: Укитувчи, 1993.

Поступила 01.02.08.