

УДК 677.02

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ФОРМИРУЮЩЕГО БУНКЕРА С ВИБРОТРАНСПОРТЕРАМИ

С.А. Кюрегян, А.Дж. Асатрян, А.Г. Пепелян

Национальный политехнический университет Армении, Гюмрийский филиал

Проведено теоретическое исследование параметров работы формирующего бункера с вибрирующими транспортерами. Получено уравнение, позволяющее определить скорость продвижения волокнистого материала в формирующем бункере в зависимости от параметров вибрации (амплитуда и частота колебаний) клочка вибрирующего транспортера. Предложены дифференциальные уравнения движения волокнистого материала по вибрирующей поверхности, которые играют фундаментальную роль в определении закономерности движения материала в формирующем бункере и дают возможность регулировать величины параметров, влияющих на равномерность волокнистого настила на питающем столике чесальной машины. Полученные результаты относятся к случаю, когда вибрирующая поверхность является плоской и совершает поступательные колебания, а поле задаваемых сил, действующих на волокнистый клочок, однородно и, в частности, представляет собой поле сил тяжести.

Теоретически получены дифференциальные уравнения относительного движения волокнистого материала на формирующем бункере двухкамерного бункерного питателя в условиях, когда клочок волокна может двигаться без отрыва на поверхности при относительном покое. В этом случае предлагается использовать новый коэффициент, параметр перегрузки, а также уравнение скольжения материала по поверхности вибрирующего транспортера. Получены равенства, определяющие закон изменения относительной скорости волокнистого материала при его соударении с поверхностью. Установлено, что соударение можно считать мгновенным, а изменение нормальной составляющей скорости клочка можно определять гипотезой Ньютона.

Установлено, что определяющими факторами, характеризующими процесс формирования волокнистого настила, являются амплитуда и частота колебания транспортера, угол вибрации, нормальная реакция хлопка на поверхность, сила сопротивления движению клочка.

Ключевые слова: волокнистый материал, формирующий бункер, транспортер, угол вибрации, амплитуда, частота колебания, коэффициент трения.

Введение. Применение аэродинамических устройств в текстильном оборудовании требует разработки теории движения волокнистых материалов [1]. В настоящее время есть немало практических задач, рациональное решение

которых невозможно без теории. Общая теория движения волокнистых материалов подразумевает вывод уравнения движения комплексов, состоящих из множества отдельных волокон, называемых в дальнейшем также клочками, с учетом действия на них всех сил, а также взаимодействия их в волоконвоздушном потоке при постоянной и переменной скоростях движения [2]. Движение волокнистых материалов, как правило, происходит при малых давлениях и температурах. Поэтому плотности воздуха и волокна практически остаются без изменения, и, следовательно, исключается необходимость учета сжимаемости. Учет вязкости, в принципе, необходим. Однако во многих случаях уравнение движения используют и без учета вязкости. Следует отметить, что в литературе отсутствуют работы, посвященные этой проблеме. В природе практически нет идеально упругих материалов.

Предварительные исследования показали, что для удовлетворительного формирования настила хлопка на столике чесальной машины необходимым условием является стабильная плотность хлопка на возможно большом участке формирующего бункера перед вывозящими валиками. Этого можно достичь путем исследования закономерности движения волокнистого материала по поверхности формирующего бункера, который вибрирует и одновременно совершает вращательные перемещения вокруг своих осей.

Цель исследования. Целью исследования является математическое описание и разработка методики расчета формирующего бункера с вибрирующими транспортерами. В теоретическом исследовании рассмотрены математические методы и модели процессов, происходящих с волокнистым материалом в двухкамерных бункерных питателях, содержащих вибрирующие транспортеры.

Результаты исследования. Дифференциальные уравнения движения клочка - волокнистого материала по вибрирующей поверхности в теории вышеуказанных процессов играют фундаментальную роль для определения закономерности движения волокнистого материала в формирующем бункере, что даёт возможность регулировать величины параметров, влияющих на равномерность волокнистого настила на питающем столике чесальной машины. Такими параметрами являются амплитуда и частота колебания транспортера, угол вибрации, нормальная реакция хлопка на поверхности, сила сопротивления движению клочка.

Приводимые ниже результаты относятся к случаю, когда вибрирующая поверхность является плоской и совершает поступательные колебания, а поле задаваемых сил, действующих на волокнистый материал, однородное и, в частности, представляет собой поле сил тяжести.

Дифференциальные уравнения относительного движения волокнистого материала в осях XOY в рассматриваемом случае имеют вид (ось OX направлена вдоль стенки, а ось OY – перпендикулярно OX) [2] (рис.)

$$\frac{md^2x}{dt^2} = mA\omega^2 \cos \beta \sin \omega t + mg - F, \quad (1)$$

$$\frac{md^2y}{dt^2} = mA\omega^2 \sin \beta \sin \omega t + N, \quad (2)$$

где m - масса волокнистого материала; A и ω - соответственно амплитуда и частота колебания волокнистого клочка относительно транспортера; β - угол вибрации; g - ускорение свободного падения; N - нормальная реакция; F - сила сопротивления движению волокнистого материала; G - масса клочка волокнистого материала.

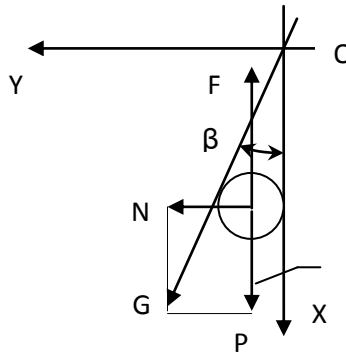


Рис. Силы, действующие на волокнистый клочок

При движении волокнистого материала по вибрирующей поверхности ($Y=0$) имеем

$$F = -fN, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения скольжения (волокнистого материала).

При относительном покое волокнистого материала на поверхности ($X=0$, $Y=0$) сила сухого трения $F=F^{(0)}$ определяется не из (3), а из (1):

$$F^{(0)} = F(t) = mA\omega^2 \cos \beta \sin \omega t. \quad (4)$$

Состояние относительного покоя волокнистого клочка при этом сохраняется до тех пор, пока не выполняется условие [2, 3]

$$-f_1 N(t) < F^{(0)}(t) < f_1 N(t), \quad (5)$$

где f_1 – коэффициент трения покоя, обычно $f_1 \geq f$.

Уравнение скольжения волокнистого материала по поверхности ($Y=0$) получается из (1) с учетом (3), (4) [4, 5]:

$$\frac{md^2x}{dt^2} = mA\omega^2 \cos \beta \sin \omega t + mg - f(-mA\omega^2 \sin \beta \sin \omega t), \quad (6)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = A\omega^2 \cos \beta \sin \omega t + g + fA\omega^2 \sin \beta \sin \omega t, \quad (7)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = g \frac{\sin(90+\rho)}{\cos \rho} - \frac{A\omega^2 \cos(\beta-\rho)}{\cos \rho}, \quad (8)$$

где $\rho = \arctan f$ – угол трения скольжения волокнистого клочка.

Уравнение полета клочка ($Y=0$) получаем из (1) при $N \equiv F \equiv 0$:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = A\omega^2 \cos \beta \sin \omega t + g. \quad (9)$$

Так как условие $\frac{dx}{dy} < 0$ не может иметь место, тогда получим

$$\frac{d^2x}{dt^2} = g + \frac{A\omega^2 \cos(\beta-\rho)}{\cos \rho} \sin \omega t. \quad (10)$$

К вышеописанным соотношениям необходимо добавить равенства, определяющие закон изменения относительной скорости волокнистого материала при его соударении с поверхностью [3]. Обычно соударение можно считать мгновенным, а изменения нормальной составляющей скорости определяются гипотезой Ньютона:

$$-\frac{\frac{dy_+}{dt}}{\frac{dy_-}{dt}} = R \quad (0 \leq R < 1), \quad (11)$$

где $\frac{dy_+}{dt}$ и $\frac{dy_-}{dt}$ – поперечные проекции скорости волокнистого материала до и после удара: R – коэффициент восстановления.

В качестве связи продольных проекций скорости $\frac{dx_+}{dt}$ и $\frac{dx_-}{dt}$ до и после удара применительно к большому числу приложений целесообразно принять следующие соотношения:

а) “ λ – гипотеза”:

$$\frac{dx_+}{dt} = (1 - \lambda) \frac{dx_-}{dt} \quad (12)$$

$$\text{при } \left| \frac{dx_-}{dt} \right| < \left| \frac{f' \left(\frac{dy_+}{dt} - \frac{dy_-}{dt} \right)}{\lambda} \right| \quad (0 \leq \lambda \leq 1), \quad (13)$$

где λ – коэффициент мгновенного трения, иногда принимаемый равным коэффициенту трения скольжения f ;

б) “ λ – гипотеза”:

$$\frac{dx_+}{dt} = \frac{dx_-}{dt} - f' \left(\frac{dy_+}{dt} - \frac{dy_-}{dt} \right) \operatorname{sgn} \frac{dx_-}{dt} \quad (14)$$

$$\text{при } \left| \frac{dx_+}{dt} \right| > \left| \frac{f' \left(\frac{dy_+}{dt} - \frac{dy_-}{dt} \right)}{\lambda} \right| \quad (0 \leq \lambda \leq 1), \quad (15)$$

где f' – коэффициент ударного трения, также принимаемый равным коэффициенту трения скольжения f .

Заключение. Дано математическое описание относительного движения волокнистого материала вдоль формирующего бункера, который вибрирует и совершает вращательные движения вокруг своих осей, что позволяет определять величины амплитуды и частоты колебания, обеспечивающие заданную скорость выпуска.

Литература

1. **Акобджанян А.С.** Пневматические распределители волокна в прядильном производстве.-М.: Легпромбытиздат, 1987.- 127 с.
2. **Шарлаимов В.И., Козин В. М.** Экспериментальные исследования нестационарных процессов при движении сплошной среды в гравитационном поле: Монография. - М.: Академия естествознания, 2006. - 232 с.
3. **Левендел Э.Э.** Вибрационные процессы и машины. Т. 4.- М.: Машиностроение, 1981. - 509 с.
4. **Лещенко В.Г.** Автоматическое регулирование уровня волокна в бункерах автопитателей чесальных машин.- М.: ЦНИИТЭИЛегпищемаш, 1970. - 2 с.
5. **Кюрегян С.А., Манасян Н.К.** Теоретическое определение закономерности движения волокнистого настила вдоль формирующего бункера // Сб.тр. Междунар. науч.конф. - Кутаиси: КОЛХА, 2009.- С. 116 - 118.

Поступила в редакцию 02.04.2018.

Принята к опубликованию 04.06.2018.

**ԹՐԹՈԱՑՈՂ ՀԱՐԱՀՈՍՆԵՐՈՎ ՁԵՎԱՎՈՐՈՂ ԲՈՒՆԿԵՐԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ
ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՏԵՍԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Ա.Ա. Կյուրեղյան, Ա.Ջ. Ասատրյան, Հ.Գ. Պեպեյան

Կատարվել է թրթռացող հարահոսներով ձևավորող բունկերի աշխատանքի պարամետրերի տեսական հետազոտություն, որի արդյունքում ստացված են հավասարումներ, որոնք թույլ են տալիս որոշել ձևավորող բունկերում մանրաթելային նյութի շարժման արագությունը՝ կախված թրթռացող հարահոսների տատանման պարամետրերից (լայնույթ և տատանման հաճախություն): Ստացվել են թրթռացող մակերևույթի վրա մանրաթելային նյութի շարժման դիֆերենցիալ հավասարումներ, որոնք հիմնարար նշանակություն ունեն ձևավորող բունկերում մանրաթելային նյութի շարժման օրինաչափության որոշման տեսանկյունից և հնարավորություն են տալիս կարգավորելու այն պարամետրերի մեծությունները, որոնք ազդում են սանրող մեքենայի սնող սեղանիկի վրա մանրաթելային փովածքի հավասարության վրա:

Ստացված արդյունքները վերաբերում են այն դեպքին, երբ թրթռացող մակերևույթը հարթ է և կատարում է համընթաց տատանում, իսկ ազդող ուժերի դաշտը, որն ազդում է մանրաթելային նյութի վրա, համասեռ է և, մասնավորապես, ներկայացնում է ծանրության ուժերի դաշտ:

Ստացվել են դիֆերենցիալ հավասարումներ՝ երկխցանի սնիչի ձևավորող խցում մանրաթելային նյութի հարաբերական շարժման որոշման համար, երբ մանրաթելի քուլան կարող է շարժվել՝ առանց կտրվելու մակերևույթից և հարաբերական հանգստի վիճակում օգտագործելով նոր գործակից՝ բեռնաթափման պարամետրը:

Ստացվել են նոր հավասարումներ՝ թրթռացող փոխադրիչի մակերևույթով մանրաթելային նյութի սահքի, ինչպես նաև փոխադրիչի մակերևույթին բախման պահին մանրաթելային նյութի հարաբերական արագության փոփոխման օրենքի որոշման համար: Ապացուցված է, որ բախումը կարելի է համարել ակնթաթային, իսկ արագության նորմալ բաղադրիչի փոփոխումը կարելի է որոշել Նյուտոնի հիպոթեզով:

Ապացուցված է, որ այդպիսի պարամետրեր են հարահոսի տատանման լայնույթը և պտտման հաճախությունը, թրթռման անկյունը, բամբակի նորմալ դիմադրությունը մակերևույթի նկատմամբ և քուլայի շարժմանը դիմադրող ուժը:

Առանցքային բառեր. մանրաթելային նյութ, ձևավորող բունկեր, հարահոս, թրթռման անկյուն, լայնույթ, տատանման հաճախություն, շփման գործակից:

THEORETICAL INVESTIGATIONS OF THE FORMING BUNKER WORKING PARAMETERS WITH VIBRATING CONVEYERS

S.A. Kyureghyan, A.J. Asatryan, H.G. Pepelyan

Theoretical investigation of the forming bunker working parameters with vibrating conveyors is carried out. An equation, allowing to determine the speed of the fibrous material movement in the forming bunker, depending on the vibration parameters (amplitude and frequency of oscillation) of the vibrating conveyors is obtained. Differential equations of the fibrous material motion along the vibrating surface, playing a fundamental role in determining the patterns of movement of the fibrous material in the forming bunker (bin) and makes it possible to adjust the values of the parameters, affecting the uniformity of fiber flooring on the supply table carding machine. The result we have received refers to the case when the vibrating surface is flat and it makes headway fluctuations while the field of forces affecting the fiber is homogeneous, and it represents a field of force of gravity.

We have theoretically obtained differential equations concerning the relative movement of the fiber material on the forming bunker of a 2-cabin bunker feeder under conditions when the fiber scrap can move without leaning on the surface, at a relative rest. In that case, a new coefficient is proposed, a new parameter of reloading and also an equation of fiber sliding on the surface of vibrating transporter. We have also obtained equations, defining the law of the change of relative velocity of the fiber in case of its collision with the surface. It has been proved that the collision can be considered instantaneous, and that the change of normal velocity can be defined by Newton hypothesis.

It has also been proved that the factors, such as the amplitude and the frequency of fluctuation of the transporter, the vibration angle, and the normal reaction of cotton on the surface and the resistance force to the patch movement are determining factors.

Keywords: fibrous material, forming bunker (bin), conveyor, angle of vibration, amplitude, frequency of oscillation, friction coefficient.