

УДК 677.014-615.468

**РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРОЦЕССА СТОЛКНОВЕНИЯ ВОЛОКНИСТОГО КОМПЛЕКСА  
С КОЛКОМ РАЗРЫХЛИТЕЛЯ-ОЧИСТИТЕЛЯ**

**THE RESULTS OF MATHEMATICAL MODELING  
OF THE COLLISION PROCESS FIBROUS COMPLEX  
WITH ROD BAKING POWDER CLEANER**

*И.Г. ХОСРОВЯН, М.А. ТУВИН, Г.А. ХОСРОВЯН, А.А. ТУВИН, В.И. РОНЬЖИН*  
*I.G. HOSROVYAN, M.A. TUVIN, G.A. HOSROVYAN, A.A. TUVIN, V.I. RONZHIN*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: [tuvin@ivgpu.com](mailto:tuvin@ivgpu.com)

*В работе проведено математическое моделирование процесса ударного воздействия колка на волокнистый комплекс при разрыхлении в ходе подготовки волокнистой смеси для получения нетканого композиционного материала. Получена аналитическая зависимость для расчета силы удара колка о волокнистый комплекс. В результате расчетов показано, что сила удара колка о волокнистый комплекс практически пропорциональна квадрату радиуса рабочего барабана.*

*In the work the mathematical modeling of the process of impact rod fibrous complex at the loosening in the preparation of the fibrous mixture to obtain a non-woven composite material. Analytical dependence for calculation of force of blow a splitting about a fibrous complex is received. The result of the calculation shows that the force of impact of peg on the fiber complex is almost proportional to the square of the radius of the drum.*

**Ключевые слова:** математическая модель, волокно, колкок, комплекс, сила удара.

**Keywords:** mathematical model, fiber, rod, complex, the force of the blow.

В процессе обработки волокнистого материала в очистителях-разрыхлителях происходит воздействие колков и колосников

на волокнистые комплексы. Это воздействие носит многообразный стохастический характер, и моделирование этого явле-

ния в общем случае является сложной и трудоемкой задачей. В связи с этим для расширения понимания процесса очистки и разрыхления важная роль принадлежит разработке и анализу упрощенных моделей, основанных на законах механики и аэродинамики, на следующих последовательных этапах обработки волокнистых комплексов: при воздействии на них колков, при перемещении в камере очистителя-разрыхлителя, при контакте с колосниковой решеткой.

При сравнительно большой скорости рабочих барабанов элементы его гарнитуры, кроме захвата волокнистого материала и расщипывания его, производят на него ударное воздействие, что увеличивает эффект разрыхления и выделения сорных примесей.

Ранее в работах [1...3] были представлены результаты математического моделирования механики волокнистого комплекса после его захвата колком разрыхлителя-очистителя. С целью повышения эффективности процесса разрыхления ниже, в продолжение работ [2], [3], рассматривается математическая модель для расчета силы удара колка о волокнистый комплекс в разрыхлителе-очистителе CL-P мфирмы Truetzschler и разрыхлителях-очистителях В31, В39 фирмы Marzoli.

За короткое время удара волокнистый комплекс под действием сил инерции и аэродинамических сил приобретает скорость, равную скорости той точки колка, где произошел удар. При этом происходит резкое сжатие волокнистого комплекса. Центр масс волокнистого комплекса за время удара смещается к поверхности колка на расстояние  $\Delta s_{уд}$ . Моделируем волокнистый комплекс сжимаемым воздухопроницаемым шаром с диаметром  $2R_{ком}$ . Обозначим время удара через  $\Delta t$ . Полагаем, что удар происходит в точке, удаленной от поверхности барабана на расстояние  $h_{ком}$ .

Обозначим угловую скорость вращения барабана через  $\omega$ . Волокнистый комплекс массы  $m$  в начальный момент времени имеет скорость  $V_1$ , равную нулю. В момент окончания удара волокнистый комплекс имеет скорость  $V_2 = \omega (R_B + h_{ком})$ , которая

равна окружной скорости точки, расположенной на расстоянии  $R_B + h_{ком}$  от оси барабана. За время  $\Delta t$  приращение скорости волокнистого комплекса составит:

$$\Delta V_{ком} = V_2 - V_1 = \omega(R_B + h_{ком}). \quad (1)$$

Угол поворота колка за время  $\Delta t$ :

$$\Delta \varphi \approx \Delta s_{уд} / (R_B + h_{ком}). \quad (2)$$

Очевидно, что

$$\Delta t = \Delta \varphi / \omega. \quad (3)$$

Величину модуля вектора силы удара  $\vec{F}_{уд}$ , с которой колка воздействует на волокнистый комплекс, найдем в соответствии с законами механики:

$$F_{уд} = m \frac{\Delta V_{ком}}{\Delta t} = m \frac{[\omega(R_B + h_{ком})]^2}{\Delta s_{уд}}. \quad (4)$$

Как следует из (4), сила удара колка о волокнистый комплекс практически пропорциональна квадрату радиуса барабана. Следовательно, увеличение радиуса барабана интенсифицирует процесс обработки волокнистого комплекса в узле разрыхления оборудования для получения нетканого композиционного материала.

Удельная величина силы удара колка о волокнистый комплекс  $\bar{F}_{уд}$  равна:

$$\bar{F}_{уд} = \frac{F_{уд}}{mg} = \frac{[\omega(R_B + h_{ком})]^2}{g \Delta s_{уд}}, \quad (5)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

Расстояние  $\Delta s_{уд}$  может быть выражено в долях  $R_{ком}$ :

$$\Delta s_{уд} = k_{уд} R_{ком}, \quad (6)$$

где  $k_{уд} < 1$  – коэффициент, учитывающий эффект сжатия волокнистого комплекса при ударе.

Следовательно,

$$F_{уд} = m \frac{[\omega(R_B + h_{ком})]^2}{k_{уд} R_{ком}}, \quad (7)$$

а

$$\bar{F}_{уд} = \frac{F_{уд}}{mg} = \frac{[\omega(R_B + h_{ком})]^2}{k_{уд}gR_{ком}}. \quad (8)$$

Отметим, что величина  $k_{уд}$ , входящая в формулу (6), зависит, в частности, от размеров, массы и степени сжимаемости волокнистого комплекса, а также от частоты вращения барабана. Считая волокнистый комплекс достаточно сжимаемым и ориентируясь на частоты вращения барабанов современных разрыхлителей, положим, что при движении на колке центр масс волокнистого комплекса смещается на четверть его радиуса. График зависимости величины  $\bar{F}_{уд}$  от  $R_B, R_{ком}$  при  $h_{ком} = 0,1$  м,  $n = 500$  мин<sup>-1</sup>,  $k_{уд} = 0,25$  представлен на рис. 1.

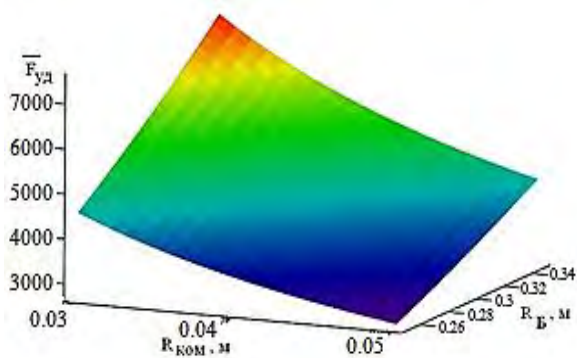


Рис. 1

Как следует из графика на рис. 1, величина  $\bar{F}_{уд}$  может достигать значения 7000. Например, для волокнистого комплекса массой 8 мг при  $\bar{F}_{уд} = 7000$  сила удара достигает значения:

$$7000 \cdot (8 \cdot 10^{-6}) \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2} = 0,55 \text{ Н}.$$

Рассмотрим характер изменения силы удара при возрастании радиуса барабана от значения  $R_{Б0}$  до значения  $R_B$ . При значении радиуса барабана  $R_{Б0}$  сила удара  $F_{уд0}$  равна:

$$F_{уд0} = m \frac{[\omega(R_{Б0} + h_{ком})]^2}{k_{уд} R_{ком}}. \quad (9)$$

Отношение

$$\frac{F_{уд}}{F_{уд0}} = \left( \frac{R_B + h_{ком}}{R_{Б0} + h_{ком}} \right)^2. \quad (10)$$

График отношения  $\frac{F_{уд}}{F_{уд0}}$  представлен на рис. 2.

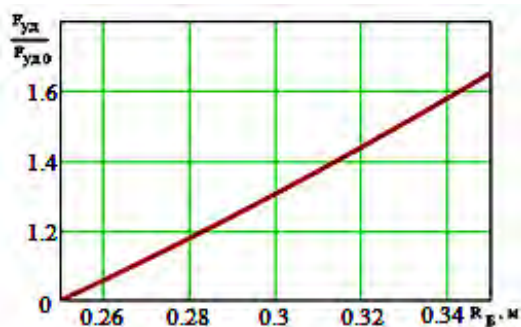


Рис. 2

При изменении радиуса от значения 25 см до значения 35 см сила удара возрастает на 65%.

## ВЫВОДЫ

1. Проведено математическое моделирование процесса ударного воздействия колка на волокнистый комплекс при разрыхлении в ходе подготовки волокнистой смеси для получения нетканого композиционного материала.
2. Получена аналитическая зависимость для расчета силы удара колка о волокнистый комплекс.
3. Показано, что сила удара колка о волокнистый комплекс практически пропорциональна квадрату радиуса рабочего барабана.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хосровян И.Г. Разработка способа и математическое моделирование процесса получения текстильных армированных материалов // Сб. мат. XVIII Междунар. научн.-практ. форума: Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2015). – Иваново, 2015. С. 146...148.
2. Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Общая теория динамики волокнистых комплексов в процессе их взаимодействия с рабочими органами разрыхлителя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 6. С. 194...197.
3. Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Математическое моделирование движения волокнистого комплекса на колке барабана разрыхлителя

// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С. 85...88.

#### REFERENCES

1. Hosrovjan I.G. Razrabotka sposoba i matematicheskoe modelirovanie processa poluchenija tekstil'nyh armirovannyh materialov // Sb. mat. XVIII Mezhdunar. nauchn.-prakt. foruma: Fizika voloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX-2015). – Ivanovo, 2015. S.146...148.

2. Hosrovjan I.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan G.A. Obshhaja teorija dinamiki voloknistyh kompleksov v pro-

cesse ih vzaimodejstvija s rabochimi organami razryhlitelja // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 6. S. 194...197.

3. Hosrovjan I.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan G.A. Matematicheskoe modelirovanie dvizhenija voloknistogo kompleksa na kolke barabana razryhlitelja // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 4. S. 85...88.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 11.11.16.

---