

УДК 677.021

**ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ  
ОЧИСТИТЕЛЯ НАТУРАЛЬНОГО ВОЛОКНА  
ОТ ПРИМЕСЕЙ НА УПРУГИХ ОПОРАХ  
И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОЛОСНИКА**

**EFFECTIVE TECHNOLOGY  
OF NATURAL FIBER CLEANER  
FROM IMPURITIES ON ELASTIC SUPPORTS  
AND JUSTIFICATION OF GRATE PARAMETERS**

*А. ДЖУРАЕВ, Д.С. ТАШПУЛАТОВ, С.М. ЭЛМОНОВ, А.Ф. ПЛЕХАНОВ, Р.О. ЖИЛИСБАЕВА*  
*A. DZHURAEV, D.S. TASHPULATOV, S.M. ELMONOV, A.F. PLEKHANOV, R.O. ZHILISBAYEVA*

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан,  
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,  
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),  
Российская Федерация)

(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan,  
Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,  
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Russian Federation)  
E-mail: nauka@atu.kz

*В статье приводятся закономерности колебания колосников очистителя шерстяных волокон от растительных примесей, решение задачи колебаний колосника на упругих опорах при различных формах взаимодействия от очищаемого сырья. Теоретически обоснованы технологические параметры работы очистителя натурального волокна от различных примесей.*

*The article presents the laws of oscillation of the grates of wool fiber cleaner from plant matter, the solution to the problem of oscillation of the grate on elastic supports for various forms of interaction from the raw material being cleaned. The technological parameters of the operation of the natural fiber cleaner from various impurities are theoretically justified.*

**Ключевые слова:** волокно шерсти, растительные примеси, колосники, колковый барабан, пыльный цилиндр, колебание, амплитуда, частота, закономерность.

**Keywords:** wool fiber, vegetable impurities, grate, spiky drum, saw cylinder, oscillation, amplitude, frequency, regularity.

Известная конструкция очистителя включает секции очистки волокнистого материала от крупного и мелкого сора, которые чередуются между собой [1]. Секция очистки мелкого сора включает колковые барабаны, сетчатую поверхность; секция очистки от крупного сора содержит пыльчатые цилиндры и колосники. Одним из основных недостатков данной конструкции является недостаточный эффект очистки и высокая повреждаемость волокон шерсти из-за многократных механических воздействий рабочих органов на волокнистый материал. Следует отметить, что вопрос очистки шерстяных волокон от растительных примесей остается мало изученным, а существующая техника и технология не отвечают современным требованиям отрасли [2]. В связи с этим разработка новой технологии очистки шерсти от растительных примесей на основе воздействия на сырье колосников различной конфигурации и различных колебательных движений является актуальной задачей.

Рассмотрим колебания колосника при подаче шерсти сосредоточенными массами. В зону очистки волокнистого материала подача шерсти может быть осуществлена отдельными комками с определенной массой с необходимой периодичностью.

Следует отметить, что учет демпфирующих свойств упругой резиновой опоры обеспечит необходимое снижение амплитуды колебаний, например, с помощью трехгранного колосника очистителя шерсти. Важным является определение максимальных колебаний. В связи с этим колебания колосника рассматриваем без учета коэффициента диссипации упругой резиновой опоры. Тогда при подаче шерсти сосредоточенными порциями на вибрирующие трехгранные колосники на упругих опорах последние будут колебаться и колебания опишем следующим дифференциальным уравнением:

$$m\ddot{x} + cx = F(t), \quad (1)$$

где  $F(t)$  – функция технологической возмущающей силы от очищаемой шерсти, имеющая периодически повторяющиеся импульсы;  $m$  – масса колосника;  $c$  – коэффициент жесткости упругой опоры.

Уравнение (1) имеет периодическое решение при следующих начальных условиях:

$$x_0 = x(0); \quad \dot{x}_0 = \dot{x}(0).$$

Для интервала времени  $0 \leq t \leq T$ , используя известную методику [3], можно получить следующее:

$$x(t) = x_0 \cos P_0 t + \frac{\dot{x}_0}{P_0} \sin P_0 t + \frac{1}{mP_0} \sin P_0 t. \quad (2)$$

Условием периодичности решения дифференциального уравнения (2) является  $x_0 = x(T)$ ,  $\dot{x}_0 = \dot{x}(T)$ . При этом представляется возможным получение двух уравнений для определения необходимых начальных условий:

$$-x_0(\cos P_0 T) + \frac{\dot{x}_0}{P_0} \sin P_0 T = \frac{\sin P_0 T}{mP_0}, \quad (3)$$

$$x_0 \sin P_0 T - \frac{\dot{x}_0}{P_0} (\cos P_0 T - 1) = \frac{\cos P_0 T}{mP_0}.$$

При этом определитель системы (3) имеет вид:

$$(1 - \cos P_0 T) \frac{2}{P_0}.$$

При отсутствии резонансного режима колебаний трехгранного колосника на упругих опорах очистителя шерсти от растительных примесей, то есть  $T \neq \frac{2k\pi}{P_0}$ , получим начальные условия:

$$x_0 = \frac{\sin P_0 T}{(1 - \cos P_0 T) 2mP_0}; \quad \dot{x}_0 = -\frac{1}{2m}. \quad (4)$$

С учетом начальных условий (4) можно получить решение (2) для одного периода в виде:

$$x(t) = \left( \sin P_0 t - \frac{\cos P_0 - \sin P_0 T}{\cos P_0 T - 1} \right) \frac{F}{2mP_0^2}. \quad (5)$$

Полученное решение (5) можно преобразовать в следующий вид:

$$x(t) = \frac{A}{P_0} \sin(P_0 t + \theta), \quad (6)$$

где  $\theta = \arctg \frac{\sin P_0 T}{1 - \cos P_0 T}$ ;  $c = \frac{F}{mP_0^2 \sqrt{2(1 - \cos P_0 T)}}$ .

При этом можно определить максимальные значения амплитуд перемещения и скорости трехгранного колосника на упругих опорах очистителя шерсти от растительных примесей:

$$x_{\max} = \frac{A}{P_0}; \dot{x}_{\max} = A. \quad (7)$$

Следует отметить, что при непрерывной подаче шерсти в зону очистки появляется постоянная составляющая нагрузки на трехгранные колосники. Тогда с учетом (6) имеем:

$$x_1(t) = x(t) + x_{10}; x_{10} = \frac{A_1}{P_0}. \quad (8)$$

При этом происходит смещение оси колебаний колосника на расстояние  $x_{10}$  за счет возмущающей силы:

$$F = F_0 + F_1 \sin \omega t. \quad (9)$$

На основе решения задачи (6) с учетом (9) получены закономерности колебательного движения колосников на резиновых опорах очистителей шерсти от растительных примесей. На рис. 1 (закономерности колебаний трехгранного колосника очистителя шерсти от растительных примесей:  $m=0,2$ ;  $F_0=1,5$  Н;  $F_1=0,5$  Н) представлены полученные зависимости изменения  $x_1(t)$  от вариации коэффициента жесткости резиновых опор устройства. Увеличение коэффициента жесткости резиновых опор колосников от  $2,0 \cdot 10^3$  до  $1,0 \cdot 10^4$  Н/м приводит к уменьшению амплитуды колебаний от  $2,15 \cdot 10^{-3}$  до  $0,21 \cdot 10^{-3}$  м (рис. 1-а, рис. 1-и).

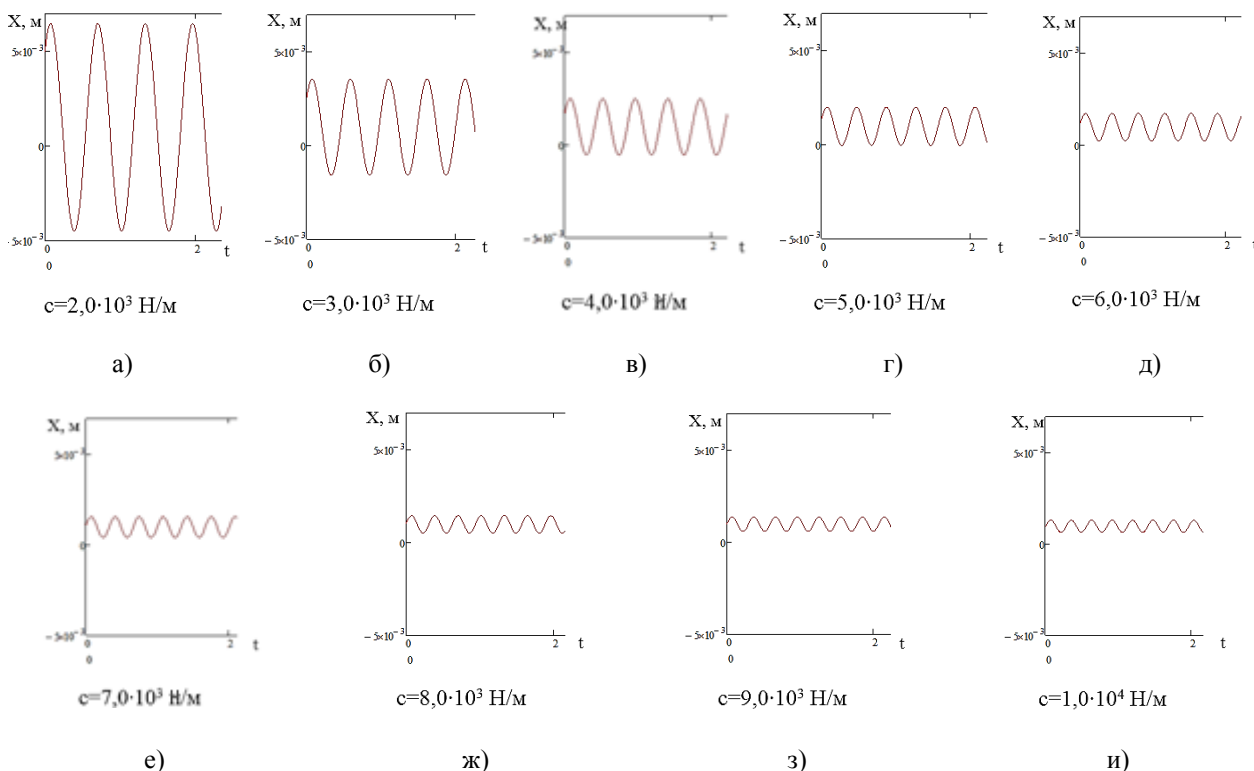


Рис. 1

При этом частота колебаний возрастает от 1,8 до 4,7 Гц. Следует отметить, что при больших амплитудах колебаний колосников нарушается технологический зазор между пальчатым цилиндром и колосниками. Это может привести к значительным повреждениям шерстяных волокон и снижению очист-

ительного эффекта от растительных примесей.

Увеличение частоты колебаний колосников очистителя шерсти позволяет повысить эффективность выделения растительных примесей из шерстяных волокон. Учитывая вышесказанное, можно определить пред-

лы рекомендуемых значений амплитуды  $A_x = (1,1 \dots 1,5) \cdot 10^{-3}$  м и частоты колебаний колосников в пределах (3,5...5,5) Гц.

Для увеличения частоты колебаний колосников необходимо снижение массы последних до (0,25...0,3) кг. Но при этом амплитуда колебаний не должна превышать указанных значений. На основе обработки полученных законов перемещения колосников были построены графические зависимости изменения максимального отклонения колосника от изменения постоянной составляющей технологической нагрузки от очищаемой шерсти, которые представлены на рис. 2 (графические изменения максимального отклонения трехгранного колосника на упругих опорах в зависимости от изменения постоянной составляющей технологической нагрузки от очищаемой шерсти: 1 – при  $c=2,2 \cdot 10^3$  Н/м, 2 – при  $c=3,8 \cdot 10^3$  Н/м, 3 – при  $c=5,5 \cdot 10^3$  Н/м, 4 – при  $c=7,1 \cdot 10^3$  Н/м).

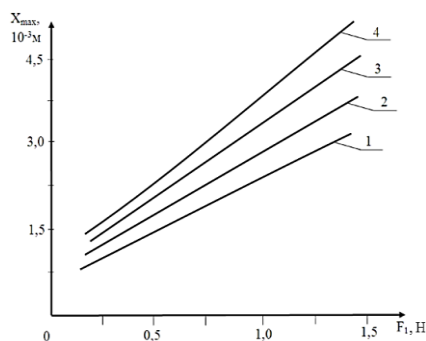


Рис. 2

Полученные закономерности имеют линейный характер и во многом зависят от коэффициента жесткости резиновых опор трехгранных колосников очистителя шерсти от растительных примесей. Так, при увеличении  $F_1$  от 0,25 до 1,5 Н при  $c=2,2 \cdot 10^3$  Н/м приводит к увеличению максимального отклонения колосника от  $0,8 \cdot 10^{-3}$  до  $3,15 \cdot 10^{-3}$  м, а при коэффициенте жесткости резиновой опоры трехгранного колосника  $c=7,1 \cdot 10^3$  Н/м приводит к возрастанию  $x_{max}$  от  $1,6 \cdot 10^{-3}$  до  $4,85 \cdot 10^{-3}$  м (рис. 2, графики 1 и 4).

Исследования показали, что увеличение коэффициента жесткости резиновой опоры колосника приводит к снижению амплитуды колебаний по нелинейной закономерности (рис. 3 – графические зависимости из-

менения амплитуды колебаний трехгранного колосника на упругих опорах очистителя шерсти от изменения коэффициента жесткости упругой опоры: 1 –  $m = 0,25$  кг; 2 –  $m = 0,2$  кг; 3 –  $m = 0,165$  кг).

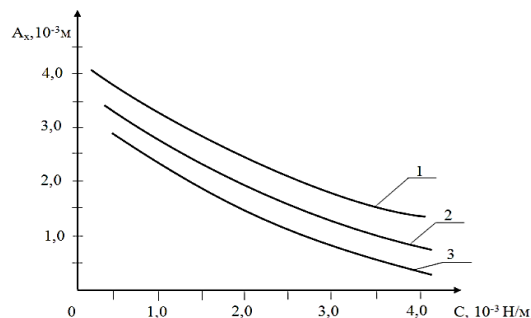


Рис. 3

Соответственно это приводит к возрастанию частоты колебаний колосника. Таким образом, возрастание частоты колебаний колосника приводит к снижению амплитуды колебаний колосника также по нелинейной закономерности (рис. 4 – закономерности изменения амплитуды колебаний колосника на упругих опорах от вариации частоты колебаний: 1 –  $m = 0,2$  кг; 2 –  $m = 0,225$  кг; 3 –  $m = 0,25$  кг) при изменении  $F_0=(1,5 \dots 3,0)$  Н. Для обеспечения амплитуды колебаний трехгранных колосников в пределах  $(1,1 \dots 1,5) \cdot 10^3$  м рекомендуемыми значениями коэффициента жесткости резиновых опор согласно анализу графиков на рис. 5 являются  $(2,5 \dots 4,5) \cdot 10^3$  Н/м при  $m=(0,25 \dots 0,3)$  кг.

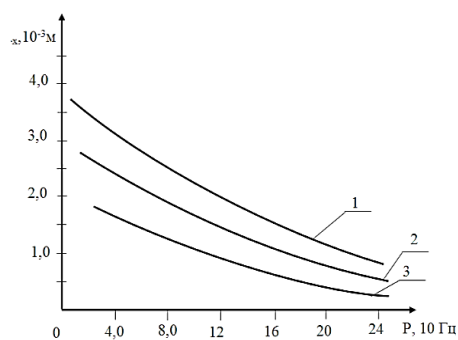


Рис. 4

Следует отметить, что в реальных условиях работы очистителя шерстяных волокон от растительных примесей возмущающая сила, действующая на колосники,

имеет случайный характер. На основе результатов экспериментов устройства [4] можно записать следующее:

$$F(t) = F_M \pm \delta(F), \quad (10)$$

где  $F_M$  – математическое ожидание изменения технологической нагрузки;  $\delta(F)$  – случайная составляющая технологической нагрузки на колосник.

На основе численного решения задачи с учетом (10) были получены закономернос-

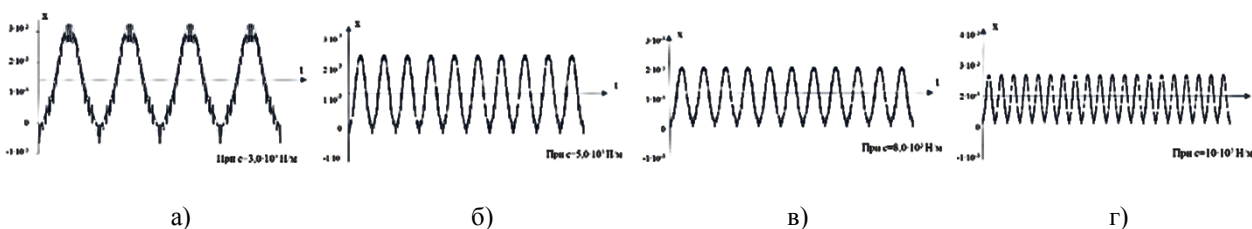


Рис. 5

На рис. 6 представлены графические зависимости изменения размаха колебаний трехгранных колосников очистителя шерсти от увеличения возмущающей технологической нагрузки от очищаемой шерсти; 1 –  $c=1,0 \cdot 10^4$  Н/м; 2 –  $c=3,0 \cdot 10^4$  Н/м. Из графиков видно, что увеличение случайной составляющей приводит к изменению размаха колебаний  $\Delta x$ , особенно при высокой производительности машины.

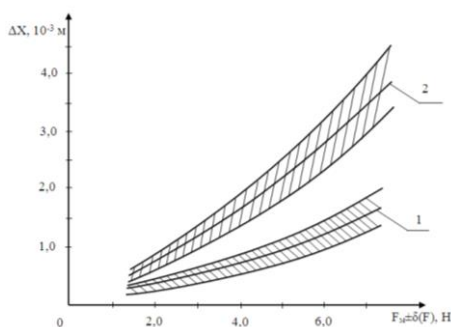


Рис. 6

Так, при значении нагрузки  $F_M = 0,85$  Н разброс значений от среднего значения составляет  $\pm(0,15 \dots 0,18) \cdot 10^{-3}$  м, а при увеличении до  $F_M = 7,2$  Н размах  $\Delta x$  от его среднего значения доходит до  $\pm(0,25 \dots 0,31) \cdot 10^{-3}$  м при коэффициенте жесткости  $1,0 \cdot 10^4$  Н/м, а при

ти колебаний колосника очистителя шерсти при воздействии на него случайной нагрузки, которые представлены на рис. 5. Анализ полученных закономерностей показывает, что увеличение жесткости упругих опор приводит к снижению амплитуды колебаний и соответственно увеличению частоты колебаний (рис. 5). При этом случайная составляющая фактически не влияет на частоту основных колебаний колосников, но амплитуда колебаний изменяется.

коэффициенте жесткости упругой резиновой опоры колосника  $c=3,0 \cdot 10^3$  Н/м размах колебаний от среднего значения  $\Delta x$  доходит до  $\pm(0,57 \dots 0,75) \cdot 10^{-3}$  м. Значительное отклонение  $\Delta x$  от среднего значения может вызвать нарушение технологических зазоров и снижение эффекта очистки шерстяных волокон от растительных примесей. Поэтому требуется выравнивание подачи шерсти в зону очистки от растительных примесей, при этом целесообразным считается  $F(t) \leq [(5,5 \dots 6,0) \pm (0,55 \dots 0,6)]$  Н.

## ВЫВОДЫ

На основе изучения характера воздействия колебаний многогранных колосников на шерсть при различных формах предложена новая эффективная технология очистки шерстяных волокон от растительных примесей, обоснованы параметры установки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунова Л.С., Рогачев Н.В., Васильев Л.Г., Колдоев В.М. Первичная обработка шерсти. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.
2. Липенков Я.Я. Общая технология шерсти. – М.: Легпромбытиздат, 1986.
3. Светлицкий В.А., Стасенко И.В. Сборник задач по теории колебаний. – М.: Высшая школа, 1973.

4. Патент РФ №2668544. Колосниковая решетка очистителя волокнистого материала. Ташпулатов Д.С., Битус Е.И., Джураев А.Дж., Плеханов А.Ф., Разумеев К.Э. по заявке №2017143328 от 12.12.2017 г.

#### REFERENCES

1. Gorbunova L.S., Rogachev N.V., Vasil'ev L.G., Koldoev V.M. Pervichnaya obrabotka shersti. – М.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1981.

2. Lipenkov Ya.Ya. Obshchaya tekhnologiya shersti. – М.: Legprombytizdat, 1986.

3. Svetlitskiy V.A., Stasenko I.V. Sbornik zadach po teorii kolebaniy. – М.: Vysshaya shkola, 1973.

4. Patent RF №2668544. Kolosnikovaya reshetka ochistitelya voloknistogo materiala. Tashpulatov D.S., Bitus E.I., Dzhuraev A.Dzh., Plekhanov A.F., Razumeev K.E. po zayavke №2017143328 ot 12.12.2017 g.

Рекомендована Ученым советом АТУ. Поступила 02.10.18.

---