

УДК 677.051

**АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ И ВЛИЯНИЯ
НА ЭФФЕКТ ОЧИСТКИ МНОГОГРАННЫХ КОЛОСНИКОВ
ОЧИСТИТЕЛЕЙ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ANALYSIS OF VIBRATIONS AND INFLUENCE
ON THE EFFECT OF CLEANING THE MULTI-FACE GRAVES
OF THE CLEANERS OF FIBROUS MATERIALS**

А.Ф. ПЛЕХАНОВ, Д.С. ТАШПУЛАТОВ, И.М. ДЖУРИНСКАЯ, А. ДЖУРАЕВ, Ш. ШУХРАТОВ
A.F. PLEKHANOV, D.S. TASHPULATOV, I.M. JURINSKAYA, A. DJURAEV, SH. SHUHRATOV

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

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,
Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)

Email: mda4580@inbox.ru, indi_06.79@mail.ru

В статье приведена схема установки пластмассового многогранного колосника и принцип работы очистителя волокнистого материала от крупного сора. Изучено колебание колосников, установленных в верхней и нижней зонах очистки с различной толщиной резиновой опоры. Построены графические зависимости изменения амплитуды перемещений и скорости колебаний многогранного пластмассового колосника от изменения очищаемого волокнистого материала. Полнофакторными экспериментами обоснованы параметры очистителя волокнистого материала.

The article shows the installation diagram of plastic multifaceted cleaning bars and the principle of operation of the cleaner of fibrous material from large litter. The oscillation of the grid-irons installed in the upper and lower cleaning zones with different thickness of the rubber support was studied. Graphical dependences of the change in the amplitude of displacements and the oscillation velocity of the polyhedral plastic grate from the change in the fiber material being cleaned are constructed. Full-factor experiments substantiated the parameters of the fibrous material cleaner.

Ключевые слова: волокнистый материал, очиститель, крупный сор, резиновая опора, толщина, колебание, жесткость, диссипация, полнофакторный эксперимент, оптимизация.

Keywords: fibrous material, cleaner, coarse litter, rubber support, thickness, vibration, stiffness, dissipation, full-factor experiment, optimization.

Используемая на производстве колосниковая решетка очистителя волокнистого материала содержит колосники круглого сечения, размещенные в дугообразных боковинах [1]. Недостатком данной конструкции является малоэффективность очистки. Также известна конструкция колосниковой решетки, содержащей многогранные колосники с плоской рабочей гранью. Количество граней колосников по ходу протаскивания волокнистого материала изменяет-

ся по синусоидальному закону распределения, в частности по треугольному [2].

Недостатком этой конструкции является низкий эффект очистки хлопка из-за недостаточной эффективности встраивания хлопка при взаимодействии с колосниками. В данной конструкции также в начальной зоне очистки хлопок менее разрыхленный, а в конце зоны очистки достаточно разрыхленный. При этом конструкция не обеспечивает эффект очистки по всей зоне протаскивания хлопка.

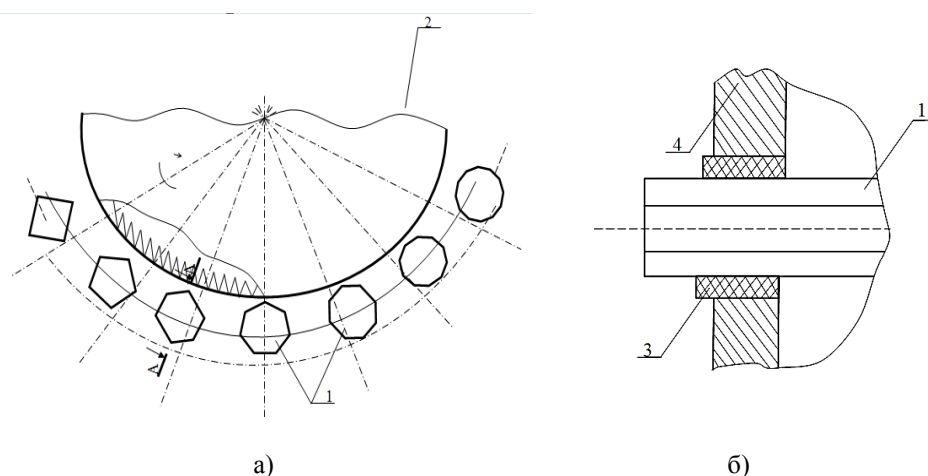


Рис.1

Были разработаны новые конструкции колосниковой решетки [3], [4]. Конструкция колосниковой решетки очистителя волокнистого материала (рис. 1: а) – вид сверху; б) – разрез А-А) состоит из пластмассовых колосников 1, которые установлены в корпусе 4 посредством упругих резиновых втулок 3 и вращающегося пыльного цилиндра 2. Колосники 1 выполнены многогранными. При этом каждый последующий колосник имеет количество граней на одну больше, чем предыдущий колосник. Первый колосник по ходу продвижения хлопка выполнен четырехгранным.

В процессе работы хлопок-сырец (волокнистый материал) поступает к пыльному цилиндру 2, зубья которого захватывают хлопок-сырец и протаскивают его по пластмассовым многогранным колосникам 1. При этом хлопок ударяется о многогранные колосники 1. Сила и направление

ударов по ходу вращения барабана 2 будут различными за счет различного количества граней колосников 1. С увеличением количества граней колосников 1 уменьшается импульсивная сила удара хлопка по грани пластмассовых колосников, а с уменьшением количества граней колосников, наоборот, увеличивается сила удара. Поэтому в начальной зоне хлопок-сырец, ударяясь о пластмассовые колосники с четырьмя гранями, с большей силой подвергается разрыхлению, и количество сора, выделившегося и него, больше.

Далее, с увеличением граней пластмассовых колосников сила взаимодействия хлопка с гранями колосников, хотя и уменьшается, но увеличивается их частота и направление взаимодействия. Это способствует эффективному выделению примесей, преимущественно крупных.

Установка пластмассовых многогранных колосников 1 на резиновых втулках 3 в дугообразных планках 4 вызывает колебания колосников 1, что приводит к дополнительному выделению сорных примесей (рис.1-б).

В очистителях хлопка от крупного сора колосник совершает сложные колебания, но на процесс очистки хлопка в основном влияют вертикальные колебания многогранного колосника. Поэтому колосник принимаем как одномассовую систему, совершающую вертикальные колебания. Используя уравнение Лагранжа II рода [5...7], получаем дифференциальное уравнение колебательного движения пластмассового многогранного колосника на резиновых втулках в следующем виде:

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + cx = F_1 \sin \omega t \pm \delta F_1, \quad (1)$$

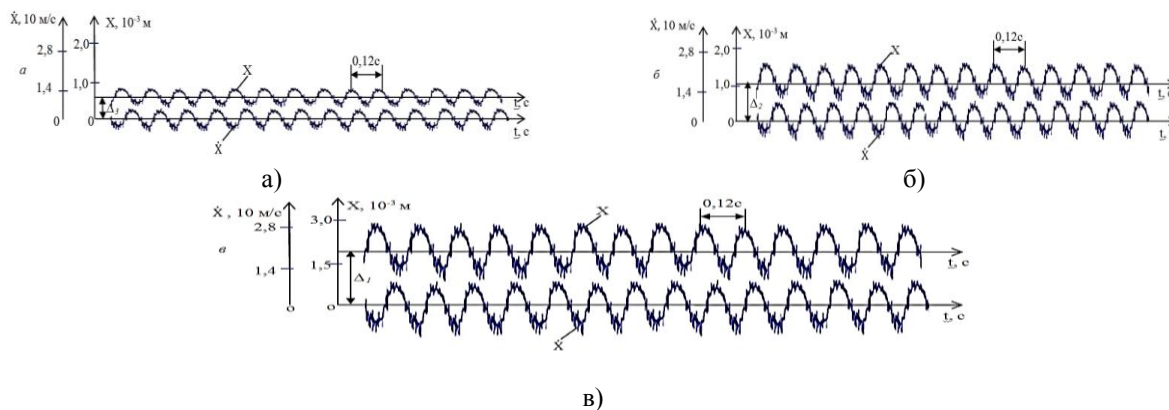


Рис. 2

Анализ закономерностей показывает, что при максимальном значении перемещения колосника X скорость будет нулевая и наоборот. При этом влияние на закон перемещения и скорость колебаний многогранного колосника сопротивления от хлопка незначительно. При производительности очистителя машины 3,5 т/ч и исходных значениях параметров колосника амплитуда его перемещения находится в среднем в пределах $0,24 \cdot 10^{-3}$ м и соответственно амплитуда колебаний скорости многогранного колосника находится в пределах (3,5...5) м/с.

С увеличением производительности очистителя до 7,5 т/ч, A_x доходит до $(0,8...0,9) \cdot 10^{-3}$ м и $A_{\dot{x}}=(7,1...8,5)$ м/с.

где F_1 – среднее значение возмущения от хлопка; δ – случайная составляющая возмущения.

Численное решение (1) осуществлено методом Рунге-Кутты при следующих исходных значениях параметров системы: $m = (0,8...1,2)$ кг; $c = (0,6...1,6) \cdot 10^3$ Н/м; $F_1 = (3,0...10)$ Н; $\delta F_1=(0,3...1,0)$ Н; $b = (2,5...6,5)$ Н·м/с. При решении задачи случайное составляющее технологической нагрузки осуществляли с использованием генератора случайных чисел, применяя известную методику [8]. На рис. 2 (а) – при $P_p=3,5$ т/ч; б) – при $P_p=5,5$ т/ч; в) – при $P_p=7,5$ т/ч) приведены закономерности изменения вертикальных перемещений и скорости колосника на резиновых втулках рекомендуемой модернизированной пыльчатой секции хлопкоочистительного агрегата.

На основе обработки полученных результатов были построены графические зависимости изменения перемещения и скорости колебаний колосника для верхней и нижней зоны очистки, которые представлены на рис. 3 (1, 2 – $A_x=f(F_c)$; 3, 4 – $A_x=f(F_c)$; 2,4 – при $m_k=2,0$ кг; 1,3 – при $m_k=3,5$ кг, отклонения $\Delta=(7,0...8,0)\%$). Анализ графиков показывает, что увеличение технологической нагрузки хлопка-сырца от 1,5 до 10,0 Н приводит к увеличению амплитуды колебаний колосника от $0,45 \cdot 10^{-3}$ до $1,26 \cdot 10^{-3}$ м при массе колосника 0,8 кг. При массе колосника 1,2 кг амплитуда колебаний перемещения колосника доходит только до $0,97 \cdot 10^{-3}$ (рис. 3, кривая 1). Подобным обра-

зом изменяется и скорость колебаний колосника (рис. 3, кривые 3,4). При массе колосника 0,8 кг амплитуда скорости возрастает от 9,9 до 27,6 м/с при увеличении нагрузки от 1,5 до 10,0 Н. При массе колосника 1,2 кг амплитуда скорости колебаний колосника доходит до 24,8 м/с.

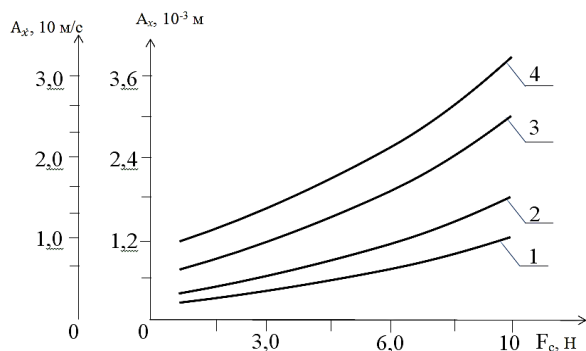


Рис. 3

Известно, что увеличение амплитуды и частоты колебаний колосников приводит к увеличению очистительного эффекта. Но при этом увеличивается поврежденность хлопка, а также за счет значительного изменения технологических зазоров между колосниками увеличивается уход летучек в отходы. При этом увеличение амплитуды и частоты колебаний колосников приводит к увеличению очистительного эффекта. Поэтому для обеспечения амплитуды колебаний колосника в верхней зоне крупной очистки хлопка в пределах $A_x \leq (1,5 \dots 2,3) \cdot 10^{-3}$ м целесообразным является выбор значений

коэффициента жесткости резиновой втулки в пределах $C = (1,0 \dots 1,3) \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Для нижней зоны очистки обеспечение значений $A_x \leq (0,8 \dots 1,2) \cdot 10^{-3}$ м рекомендуется $C = (1,8 \dots 2,2) \cdot 10^{-3}$ Н/м, при которых происходит повышение очистительного эффекта, снижается количество повреждений волокон хлопка и уменьшается уход летучек хлопка с сором [8...10].

Для обеспечения амплитуды колебаний колосника в верхней зоне очистки хлопка от крупного сора очистителя в пределах $A_x \leq (1,5 \dots 2,3) \cdot 10^{-3}$ м рекомендуется выбрать $m = (0,6 \dots 1,0)$ кг, а для нижней зоны для обеспечения $A_x \leq (0,8 \dots 1,2) \cdot 10^{-3}$ м рекомендуется масса колосника в пределах (1,0...1,15) кг.

С целью исследования работоспособности предложенной конструкции колосников, установленных на машине УХК, нами проведен анализ существующих способов и методов проведения опытов. Из анализа проведенных исследований для оценки работоспособности данной конструкции выбраны параметры, позволяющие определить влияние параметров выбранной конструкции на процесс очистки хлопка от сорных примесей.

При проведении исследований были учтены следующие основные параметры, разделенные на входные и выходные.

При исследованиях в качестве выходных параметров приняты (табл. 1): x_1 — толщина резиновой втулки верхнего колосника h_1 , 10^{-3} м; x_2 — производительность машины Π , т/ч; x_3 — толщина резиновой втулки нижнего колосника h_2 , 10^{-3} м.

Таблица 1

Наименование фактора	Код обозначения	Истинные значения фактора			Диапазон изменения
		-1	0	+1	
Толщина резиновой втулки верхнего колосника h_1 , 10^{-3} м	X_1	1,5	2,5	3,5	1,0
Производительность машины Π , т/ч	X_2	5,5	6,5	7,5	1
Толщина резиновой втулки нижнего колосника h_2 , 10^{-3} м	X_3	1,2	1,6	2,0	0,4

При проведении опытов выходным параметром, выбран очистительный эффект хлопка $У$.

$$\begin{aligned}
 X_1 &= (E - 2,5) / 0,5, \\
 X_2 &= (\Pi - 6,5) / 1, \\
 X_3 &= (\delta - 1,6) / 2.
 \end{aligned}$$

Влияние входных параметров на эффективность очистки (выходных параметров) изучали при помощи эксперимента. Для этого составляли матрицу планирования. В любых условиях эксперименты проводили в 3-кратной повторности. На рис. 4 представлен общий вид колосниковой решетки

очистителя с пластмассовыми многогранными колосниками.



Рис. 4

Точность и достоверность результатов эксперимента во многом зависят от точности контроля всех входных и выходных параметров и их постоянства. Поэтому проведению каждого опыта предшествовала подготовка с многократным контролем входных и выходных параметров очистителя хлопка от крупного сора. В математическую модель процесса включены только значимые коэффициенты. Таким образом, система уравнений, полученных в результате обработки данных с помощью компьютерной программы EXCEL, имеет вид:

уравнение регрессии для 2-го сорта хлопка:

$$Y = 83,09 + 0,96X_1 - 1,27X_2 - 0,75X_3 - 2X_1X_2 - 0,35X_2X_3 + 0,28X_1X_2X_3, \quad (2)$$

уравнение регрессии для 4-го сорта хлопка:

$$Y = 82,8 + 0,42X_1 - 1,25X_2 - 1,86X_3 + 0,5X_1X_2 - 1,57X_1X_3 + 0,78X_2X_3 + 0,38X_1X_2X_3. \quad (3)$$

Математический расчет адекватности уравнений (2) и (3) показал хорошую сходимость моделей и результатов экспериментов.

Основным результатом проведенного полнофакторного эксперимента является определение влияния входящих факторов на выходящий фактор. Все вышеперечисленные параметры и их соотношение влияют на процесс очистки хлопка-сырца. Необходимо выбрать такие параметры входящих

факторов, которые работали бы на улучшение процесса очистки.

Анализ полученных результатов полнофакторного эксперимента позволяет рекомендовать следующие значения для выбранных основных факторов:

- производительность – 6,15 т/ч;
- толщина резиновой втулки верхнего колосника – $2,6 \cdot 10^{-3}$ м;
- толщина резиновой втулки нижнего колосника – $1,3 \cdot 10^{-3}$ м.

При данных значениях факторов наблюдается эффективная работа очистителя хлопка-сырца, то есть эффект очистки составляет выше 90%.

ВЫВОДЫ

На основе численного решения задачи колебаний колосников на резиновых опорах были получены закономерности изменения перемещений и скоростей колебаний колосника на упругих опорах очистителя хлопка от крупного сора при изменении производительности машины. Построены графические зависимости изменения амплитуды колебаний перемещений и скоростей колосника на резиновых подушках от технологической нагрузки хлопка-сырца. Увеличение жесткости резиновой втулки приводит к снижению амплитуды колебаний перемещений и скорости колосника по нелинейной закономерности. Исследования показали, что оси колосников при деформации резиновых втулок перемещаются параллельно вниз. Деформация зависит от нагрузки, массы колосника и жесткости резины. При этом увеличение амплитуды и частоты колебаний колосников приводит к увеличению очистительного эффекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мирошниченко Г.И.* Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. – М.: Машиностроение, 1972.
2. Патент RU №2668544. Колосниковая решетка очистителя волокнистого материала / Битус Е.И., Плеханов А.Ф., Разумеев К.Э., Джураев А., Ташпулатов Д.С. Бюл. №28 01.10.2018. по заявке №2017143328, 12.12.2017.

3. Патент Рес. Узб.FAP00947. Очистительная пыльчатая секция хлопкоочистительного агрегата / Максудов Р.Х. и др. 30.09.2014 г. Бюл. №9.

4. *Tashpulatov D.S., Plkhanov A.F., Djuraev A.* Questions of the rationale preparation of the parameters of the kolosnikov on elastic supports of the fiber material cleaner // *European Sciences Review Scientific Journal*. – № 5–6, 2018. P. 350...352.

5. *Ballaney P.L.* Theory Machines and Mechanisms // A textbook for engineering students. – Khanna publishers, 2003.

6. *Khurmi R.S., Gupta J.K.* Theory of machines // A textbook. – Eurasia publishing house, 2011.

7. *Djuraev A., Rajabov O.I.* Experimental study of the interaction of multifaceted and cylindrical spinky cylinder in cotton cleaner from small waste // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. – Vol. 6, Issue 3, March 2019. P.8376...8381.

8. *Tashpulatov D.S., Muradov A.J., Juraev A., Gafurov J.K., Vassiliadis S.* Design development and parameters calculation methods of plastic diamond pattern bars on resilient supports in ginning machines // *Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (AITAE 2018) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 459 (2019) 012068 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/459/1/012068*.

9. *Ташпулатов Д.С., Плеханов А.Ф., Разумеев К.Э., Джураев А.* Влияние температуры сушки и влажности хлопка-сырца на очистительный эффект оборудования // *Текстильная и легкая промышленность*. – 2018, №1. С. 14...16.

10. *Tashpulatov D.S., Plekhanov A.F., Djuraev A.* Kolosnik oscillations on elastic supports with nonlinear rigidity with random resistance from cotton-raw maternity // *European Sciences Review Scientific Journal*. – №5–6, 2018. P. 353...355.

REFERENCES

1. *Miroshnichenko G.I.* Osnovy proektirovaniya mashin pervichnoy obrabotki khlopka. – M.: Mashinostroenie, 1972.

2. Patent RU №2668544. Kolosnikovaya reshetka ochistitelya voloknistogo materiala / Bitus E.I.,

Plekhanov A.F., Razumeev K.E., Dzhuraev A., Tashpulatov D.S. Byul. №28 01.10.2018. po zayavke №2017143328, 12.12.2017.

3. Patent Res. Uzб.FAP00947. Ochistitel'naya pil'chataya sektsiya khlopkoochistitel'nogo agregata / Maksudov R.Kh. i dr. 30.09.2014 g. Byul. №9.

4. *Tashpulatov D.S., Plkhanov A.F., Djuraev A.* Questions of the rationale preparation of the parameters of the kolosnikov on elastic supports of the fiber material cleaner // *European Sciences Review Scientific Journal*. – № 5–6, 2018. P. 350...352.

5. *Ballaney P.L.* Theory Machines and Mechanisms // A textbook for engineering students. – Khanna publishers, 2003.

6. *Khurmi R.S., Gupta J.K.* Theory of machines // A textbook. – Eurasia publishing house, 2011.

7. *Djuraev A., Rajabov O.I.* Experimental study of the interaction of multifaceted and cylindrical spinky cylinder in cotton cleaner from small waste // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. – Vol. 6, Issue 3, March 2019. P.8376...8381.

8. *Tashpulatov D.S., Muradov A.J., Juraev A., Gafurov J.K., Vassiliadis S.* Design development and parameters calculation methods of plastic diamond pattern bars on resilient supports in ginning machines // *Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (AITAE 2018) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 459 (2019) 012068 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/459/1/012068*.

9. *Tashpulatov D.S., Plekhanov A.F., Razumeev K.E., Dzhuraev A.* Vliyanie temperatury sushki i vlazhnosti khlopka-syrtsa na ochistitel'nyy effekt oborudovaniya // *Tekstil'naya i legkaya promyshlennost'*. – 2018, №1. S. 14...16.

10. *Tashpulatov D.S., Plekhanov A.F., Djuraev A.* Kolosnik oscillations on elastic supports with nonlinear rigidity with random resistance from cotton-raw maternity // *European Sciences Review Scientific Journal*. – №5–6, 2018. P. 353...355.

Рекомендована отделом организации научной работы АТУ. Поступила 01.04.19.