

УДК 677.21.051  
DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_4\_171

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТМАССОВОГО  
МНОГОГРАННОГО КОЛОСНИКА НА УПРУГИХ ОПОРАХ  
В ОЧИСТИТЕЛЕ ХЛОПКА-СЫРЦА  
НА ЧАСТОТУ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМЫ  
И ЭФФЕКТ ОЧИСТКИ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ  
ОТ СОРНЫХ И ЖЕСТКИХ ПРИМЕСЕЙ**

**INFLUENCE OF PARAMETERS OF A PLASTIC MULTI-FACE GRATE  
ON ELASTIC SUPPORTS IN A COTTON CLEANER  
ON THE FREQUENCY OF SYSTEM VIBRATIONS AND THE EFFECT  
OF CLEANING FIBER MASS FROM WEED AND HARDIMPURITIES**

*О.Ж. МУРОДОВ, А.Д. ДЖУРАЕВ, А.Ф. ПЛЕХАНОВ, Д.С. ТАШПУЛАТОВ*

*O.J. MURODOV, A.D. JURAEV, A.F. PLEKHANOV, D.S. TASHPULATOV*

**(Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности, Республика Узбекистан,  
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), Россия)**

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

E-mail: baxrinjom@mail.ru, moscjom@mail.ru, plekhanov-af@rguk.ru, ssht61@mail.ru

*В статье приведены результаты разработки математической модели описания колебаний колосников, установленных на упругих опорах очистителя хлопка от крупного сора с нелинейной жесткостью. На основе численного решения уравнений математической модели получены зависимости параметров вибрации от конструктивных параметров колосниковой решетки. Эти зависимости позволяют обоснованно подойти к выбору конструктивных параметров из условий обеспечения амплитуды и частоты колебаний системы, необходимых для повышения очистительного эффекта волокнистой массы. Необходимые параметры вибрации установлены экспериментально в более ранних работах авторов. В работе приведены конкрет-*

ные рекомендации, позволяющие повысить эффективность работы очистителя хлопка от крупного сора.

*The article presents the results of the development of a mathematical model of vibrations of grates of a cotton cleaner from coarse litter, installed on elastic supports with nonlinear stiffness. Based on the numerical solution of the equations of the mathematical model, the dependences of the vibration parameters on the design parameters of the grate are obtained. These dependencies make it possible to reasonably approach the choice of design parameters based on the conditions for ensuring the amplitude and frequency of oscillations of the system necessary to increase the cleaning effect of the machine. The necessary vibration parameters were established experimentally in the earlier works of the authors. The work provides specific recommendations to improve the efficiency of the cotton cleaner from coarse litter.*

**Ключевые слова:** очиститель хлопка, пластмассовый колосник, упругая опора, нелинейная жесткость, масса колосника, период колебаний, собственная частота.

**Keywords:** cotton cleaner, plastic grate, elastic support, non-linear stiffness, grate mass, oscillation period, natural frequency.

Основным недостатком очистителей хлопка-сырца от крупных сорных и жестких примесей является низкий эффект очистки, связанный с несовершенством конструкции рабочих органов. С целью совершенствования конструкции пыльных барабанов и колосниковых решеток нами были проведены исследования теоретических работ, проводимых ранее в данном направлении [1...3]. В результате литературного обзора установлено, что недостаточно исследована интенсивность взаимодействия рабочих органов с хлопком-сырцом, связанная с увеличением степени их подвижности. Поэтому была рекомендована конструкция многогранного колосника, установленного на упругих опорах [4], [5]. Как показано в этих работах, очистительный эффект увеличивается не только за счет взаимодействия хлопка с гранями колосника, но и за счет его колебаний на упругих опорах. При этом существенную роль играет частота собственных колебаний колосника. Традиционно колосники изготавливают из стали. Они имеют значительную массу и, как результат, низкую собственную частоту колебаний. Для повышения частоты колебаний колосников их можно изготавливать из пластмасс [6].

На рис. 1 представлена зона установки шестигранного пластмассового колосника на конических резиновых упругих опорах [7], [8]. При этом пластмассовый колосник 3 с ребрами 4 установлен в корпусе 1 посредством конической резиновой упругой опоры 2.

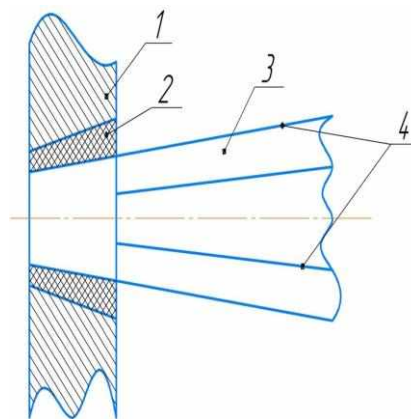


Рис. 1

В процессе работы очистителя хлопка-сырца вследствие воздействия волокнистой массы на колосники происходит их колебание. Учитывая, что сила воздействия хлопка-сырца имеет небольшую величину, для увеличения амплитуды и частоты колебаний колосников их изготавливают из

пластмассы, имеющей меньшую объемную плотность по сравнению с металлом. Важным является изучение колебания колосников в резонансных режимах, при которых значительно увеличивается амплитуда колебаний, что, по нашему мнению, должно увеличивать очистительный эффект.

С целью приближенного определения значения деформации резиновых опор колосника рассмотрим кинетическую энергию протаскиваемого хлопка-сырца совместно с пластмассовым колосником, которая в процессе удара переходит в потенциальную энергию деформируемой опоры с нелинейной жесткостью [9]:

$$T = \frac{mV_y^2}{2}, \quad \Pi = \int_0^{x_{\max}} c_1 x + \frac{c_2}{\mu} x^3 dx, \quad (1)$$

где  $T$  – кинетическая энергия хлопка-сырца и многогранного пластмассового колосника;  $m$  – суммарная масса многогранного пластмассового колосника и хлопка-сырца;  $V_y$  – скорость взаимодействия хлопка-сырца с поверхностью пластмассового колосника в процессе очистки от крупного сора;  $c_1$  – линейная составляющая коэффициента жесткости амортизатора;  $c_2$  – нелинейная составляющая коэффициента жесткости амортизатора;  $\Pi$  – потенциальная энергия деформируемой резиновой опоры многогранного пластмассового колосника.

С учетом принятых условий можно определить скорость:

$$V_y = \sqrt{\frac{2}{m} \int_0^a c_1 x dx + \int_0^a \frac{c_2}{\mu} x^3 dx}, \quad (2)$$

где  $a$  – максимальное значение деформации упругой опоры.

Согласно работе [10] при нелинейной жесткости упругого элемента одномассовой колебательной системы при условиях от  $x = 0$  до  $x = a$  период колебаний имеет вид:

$$t = 4 \sqrt{\frac{n}{\alpha}} \frac{1}{\alpha^{n-1}} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{1 - \xi^{2n}}}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  и  $n$  – постоянные,  $n=1,2,\dots$ ;  $\xi=X/a$  при восстанавливающей силе, равной  $\alpha x^{2n-1}$ .

С учетом восстанавливающей силы амортизатора  $c_1 x + \frac{c_2}{\mu} x^3$ , период колебаний многогранного пластмассового колосника на упругой опоре с нелинейной жесткостью имеет вид:

$$t = 4\sqrt{m} \left[ \sqrt{\frac{1}{c_1}} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{1 - \xi^2}} + \sqrt{\frac{2\mu}{c_2 a^2}} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{1 - \xi^4}} \right], \quad (4)$$

где  $\mu$  – коэффициент, учитывающий нелинейность упругой характеристики амортизатора,  $m^2$ .

В полученном выражении (4) осуществляется интегрирование членов. При этом второе слагаемое вычислено посредством интегрирования при помощи таблиц специальных функций согласно [10]:

$$t_k = 4\sqrt{m} \left[ 6,28 \sqrt{\frac{1}{c_1}} + \frac{1,8541}{\alpha \sqrt{c_2 / \mu}} \right]. \quad (5)$$

При этом частота свободных колебаний с учетом  $\rho_2 = 2\pi / T$  имеет вид:

$$\rho_k = \frac{0,25a \sqrt{c_1 c_2 / \mu}}{\sqrt{m(2\pi\alpha \sqrt{c_2 / \mu} + 1,85\sqrt{c_1})}}. \quad (6)$$

При численных расчетах за исходные значения параметров системы были приняты:  $m = (1,5 - 1,8)$  кг,  $c_1 = 2,2 \cdot 10^4$  Н/м,  $c_2 = 0,9 \cdot 10^4$  Н/м,  $\mu = (0,3 \div 0,8) m^2$ ,  $a = (1,0 \div 2,0) \cdot 10^{-3}$  м.

Численные решения задачи и анализ результатов на рис. 2 представлены в виде графических зависимостей изменения относительного значения собственной частоты колебаний пластмассового колосника от увеличения его приведенной массы (1 – при  $a = 1,0 \cdot 10^{-3}$  м; 2 – при  $a = 1,5 \cdot 10^{-3}$  м; 3 – при  $a = 2,0 \cdot 10^{-3}$  м). Анализ графиков показывает, что относительное значение собственной частоты с увеличением приведенной массы пластмассового колосника сни-

жается по нелинейной закономерности. Величина амплитуды фактически не влияет на полученную зависимость, при этом возрастание амплитуды колосника приводит к параллельному перемещению вверх кривой закономерности с разницей  $\rho_k / \rho_n = 0,025 - 0,05$  (при увеличении  $a$  от  $1,0 \cdot 10^{-3}$  м до  $2,0 \cdot 10^{-3}$  м).

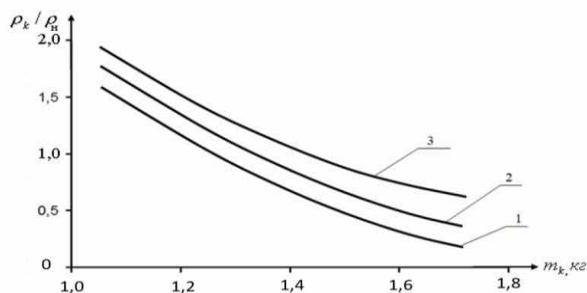


Рис. 2

На рис. 3 представлены графики изменения относительной величины периода колебаний многогранного пластмассового колосника на упругой опоре с нелинейной жесткостью, в зависимости от увеличения амплитуды собственных колебаний (1 —  $m_k = 1,8$  кг; 2 —  $m_k = 1,2$  кг). При значении амплитуды  $1,0 \cdot 10^{-3}$  м период колебаний  $t_k / t_n = 1,9$ , при  $m_k = 1,8$  кг, а при  $a = 2,0 \cdot 10^{-3}$  м и  $m_k = 1,2$  кг период колебаний  $t_k / t_n = 1,49$ . Это означает, что амплитуда колебаний многогранного пластмассового колосника незначительно влияет на период и частоту его колебаний. При этом в массу пластмассового колосника в виде многогранной усеченной пирамиды включена средняя масса хлопка, находящаяся на поверхности колосника [11].

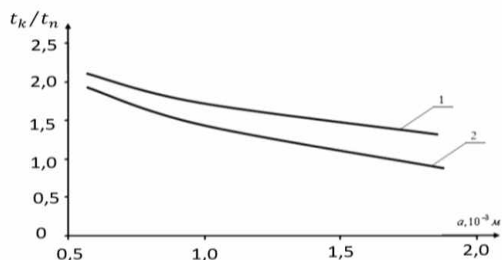


Рис. 3

Следует отметить, что сама амплитуда собственных колебаний зависит от вели-

чины деформаций упругой опоры, то есть от его характеристики жесткости. На рис. 4 (1 — при  $\rho_k / \rho_n = f(c_1)$ ,  $c_2 = 1,4 \cdot 10^4$  Н/м; 2 — при  $\rho_k / \rho_n = f(c_1)$ ,  $c_2 = 0,8 \cdot 10^4$  Н/м; 3 — при  $\rho_k / \rho_n = f(c_2)$ ,  $c_1 = 3,0 \cdot 10^4$  Н/м; 4 — при  $\rho_k / \rho_n = f(c_2)$ ,  $c_1 = 2,0 \cdot 10^4$  Н/м;  $m = 1,5$ ) приведены графические зависимости изменения относительной величины собственной частоты колебаний (отношение текущего значения собственной частоты к расчетной) от изменения коэффициентов жесткостей упругой опоры. Анализ графиков показывает, что увеличение жесткости упругой опоры приводит к увеличению собственной частоты системы по нелинейной закономерности. Нелинейность упругой опоры зависит от расположения эксцентричной резиновой втулки, через которую многогранные пластмассовые колосники установлены в корпусе очистителя хлопка от крупного сора. При коэффициенте жесткости  $c_2 = 0,8 \cdot 10^4$  Н/м и увеличении коэффициента жесткости  $c_1$  от  $1,5 \cdot 10^4$  Н/м до  $3,0 \cdot 10^4$  Н/м значение относительной частоты возрастает почти в два раза от  $\rho_k / \rho_n = 1,12$  до 2,21. С уменьшением значения  $c_2$  до  $0,8 \cdot 10^4$  Н/м интенсивность увеличения собственной частоты колебаний колосников снижается (рис. 4, кривая 2).

При постоянном значении  $c_1$  увеличение  $c_2$  от  $1,5 \cdot 10^4$  Н/м до  $3,0 \cdot 10^4$  Н/м приводит к увеличению  $\rho_k / \rho_n$  от 0,55 до 1,15, также в два раза. Это означает, что для увеличения предела значений собственной частоты колебаний многогранного пластмассового колосника в виде усеченной пирамиды целесообразным является увеличение жесткости упругой опоры (толщины конической резиновой втулки). Учитывая пределы изменений возмущающей силы на многогранный колосник со стороны протаскиваемого хлопка-сырца, собственная частота должна изменяться в незначительных пределах. Поэтому целесообразным является выбор параметров для рассматриваемой колебательной системы:

$$c_2 = (0,80 \div 1,0)10^4 \cdot \text{Н / м}, c_1 = (2,2 \div 2,8) \cdot 10^4 \text{Н / м при } m_k = (1,2 \div 1,4) \text{ кг}.$$

В целом полученные зависимости можно использовать для выбора конструктивных параметров колосников и их опор таким образом, чтобы обеспечить эффективные режимы колебаний, полученные ранее экспериментально [6], [11].

## ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель колебаний шестигранного колосника, установленного на нелинейно упругих опорах, позволяющая рассчитать параметры вибрации на стадии проектирования очистительного технологического оборудования.

2. Показано, что для обеспечения параметров вибрации системы, позволяющей повысить очистительный эффект, необходимо существенно снизить массу колосников, что можно обеспечить за счет изготовления колосников шестигранной формы из пластических масс.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Коробельников А.Р., Лебедев Д.А., Шутова А.Г.* Выделение сорных примесей с поверхности слоя волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 4. С.143...147.

2. *Korabel'nikov R.V., Korabel'nikov A.R.* One problem of removing coarse trash from fibrous material // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2000, №3. P. 29...33.

3. *Газиева С.А., Курбонов Б.Д., Нуров М.Э., Иброгимов Х.И., Рудовский П.Н.* Изменение структурного показателя хлопка-сырца по технологическим переходам его переработки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С.131...135.

4. *Муродов О.Ж.* Влияние формы сетки очистителя мелкого сора для хлопка-сырца на очистительный эффект // Технологии и качество. – 2021, №2(52). С. 52...55. [https://doi.org/ 10.34216/2587-6147-2021-2-52-52-55](https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-2-52-52-55).

5. *Yunusov S.* Dynamic analysis of three-mass system of the saw gin with the resistance of cotton and research the effect on fiber quality // European Applied Sciences, ORT Publishing, Schwieberdinger Str. 59, 70435 Stuttgart, Germany. – 2015, mart, №3. P. 79...84. (05.00.00; №2)

6. *Джурраев А., Муродов О.Ж.* Совершенствование конструкций и методы работы параметров пластмассовых колосников на резиновых опорах

очистителей хлопка от крупного сора. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности. – Ташкент «Fan va texnologiya» 2018.

7. *Муродов О.Ж.* Снижение повреждаемости семян в сепараторе хлопка-сырца // Технологии и качество. – 2021, № 3(53). С. 48...51. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-48-51>.

8. *Murodov O.* Development of an effective design and justification of the parameters of the separation and cleaning section of raw cotton // Journal of Physics: Conference Series. – 2021, 1889(4), 042012.

9. *Ташипулатов Д.С., Мурадов О.Ж., Джурраев А.Ж., Гафуров Ю.К., Василиадис С.* Разработка конструкции и методы расчета параметров пластиковых ромбовидных стержней на упругих опорах в очистных машинах. Серия конференций ЮР; Материаловедение и инженерия Открытый доступ Том 459, Выпуск 12018 Номер статьи 012068 Эгейская Международная конференция по текстилю и передовой инженерии, АИТАЕ 2018, Лесбос, 5 сентября 2018 г. - 7 сентября 2018 г., 143522

10. *Djuraev A., Kuliev T.M.* Improvement of the construction and justification of parameters of the fibrous material regenerator // International Journal of Advanced Science and Technology. 29(8 Special Issue). P. 453...460

11. *Виноградова Н.Л., Партиева Х., Плеханов А.Ф., Ташипулатов Д.С., Тожимирзаев С.Т.* Влияние качественных показателей волокна и технологических прог на свойства пряжи. – Иваново: АО "Информатика", 2021.

## REFERENCES

1. *Korabelnikov A.R., Lebedev D.A., Shutova A.G.* Isolation of weed impurities from the surface of a layer of fibrous material // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, № 4. P. 143 ... 147.

2. *Korabel'nikov R.V., Korabel'nikov A.R.* One problem of removing coarse trash from fibrous material // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2000, № 3. P. 29...33.

3. *Gazieva S.A., Kurbonov B.D., Nurov M.E., Ibrogimov Kh.I., Rudovsky P.N.* Changes in the structural index of raw cotton according to the technological transitions of its processing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2013, № 5. P. 131 ... 135.

4. *Murodov O.Zh.* Influence of the mesh shape of the fine litter cleaner for raw cotton on the cleaning effect // Technology and quality. – 2021, № 2 (52). S.52...55. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-2-52-52-55>.

5. *Yunusov S.* Dynamic analysis of three-mass system of the saw gin with the resistance of cotton and research the effect on fiber quality // European Applied

Sciences, ORT Publishing, Schwieberdinger Str. 59, 70435 Stuttgart, Germany. – 2015, March, № 3. P.79...84. (05.00.00; №2)

6. Juraev A., Murodov O.Zh. Improvement of designs and methods of operation of the parameters of plastic grates on rubber supports of cotton cleaners from large litter. Tashkent Institute of Textile and Light Industry. – Tashkent "Fan va texnologiya" 2018.

7. Murodov O.Zh. Reduction of damage to seeds in the separator of raw cotton // Technologies and quality. - 2021, № 3 (53). S. 48...51. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-48-51>.

8. Murodov O. Development of an effective design and justification of the parameters of the separation and cleaning section of raw cotton // Journal of Physics: Conference Series. - 2021, 1889(4), 042012.

9. D.S. Tashpulatov, O.Zh. JUR conference series; Materials Science and Engineering Open Access Volume 459, Issue 12018 Article Number 012068 Aegean

International Conference on Textiles and Advanced Engineering, AITAE 2018, Lesbos, September 5, 2018 - September 7, 2018, 143522

10. Djuraev A., Kuliev T.M. Improvement of the construction and justification of parameters of the fibrous material regenerator // International Journal of Advanced Science and Technology. 29(8 Special Issue). P. 453-460

11. Vinogradova N.L., Parpiev Kh., Plekhanov A.F., Tashpulatov D.S., Tozhimirzaev S.T. Influence of fiber quality indicators and technological programs on yarn properties. – Ivanovo: JSC Informatika, 2021.

Рекомендована кафедрой текстильных технологий РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 19.11.21.