

# ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ

Научная статья

УДК 677.21.051

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-24-28

Ориф Жумаевич Муродов<sup>1</sup>,

Павел Николаевич Рудовский<sup>2</sup>,

Андрей Ростиславович Корабельников<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

<sup>1</sup>baixinjom@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7016-8680>

<sup>2</sup>pavel\_rudovsky@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8675-2910>

<sup>3</sup>prostokar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4546-7515>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ КОЛОСНИКОВОЙ РЕШЕТКИ ОЧИСТИТЕЛЯ ХЛОПКА-СЫРЦА

*Аннотация.* В статье рассматривается работа предложенной авторами колосниковой решетки с колосниками, изготовленными из композиционного материала, с полиамидной матрицей и наполнителем из базальтового волокна. Экспериментальные колосники монтируются на упругих резиновых опорах с нелинейной жесткостью. На основе конечно-элементного моделирования проведен анализ форм и собственных частот свободных колебаний колосниковой решетки очистителя хлопка от крупного сора. Показано, что первые 12 собственных частот располагаются в узком диапазоне от 2,579 до 2,692 Гц. Это объясняется особенностями конструкции колосниковой решетки. Показано, что во время работы колосниковая решетка совершает вынужденные колебания с частотами 45...75 Гц.

**Ключевые слова:** очиститель хлопка, колосниковая решетка, упругая опора, нелинейная жесткость, собственные частоты, формы колебаний, конечный элемент

**Для цитирования:** Муродов О. Ж., Рудовский П. Н., Корабельников А. Р. Определение собственных частот и форм свободных колебаний колосниковой решетки очистителя хлопка-сырца // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 24–28. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-24-28>.

Original article

Orif Zh. Murodov<sup>1</sup>

Pavel N. Rudovsky<sup>2</sup>

Andrey R. Korabelnikov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Kostroma State University, Kostroma, Russia

## DETERMINATION OF NATURAL FREQUENCIES AND FORMS OF FREE VIBRATIONS OF THE GRATE OF THE RAW COTTON CLEANER

**Abstract.** The article discusses the operation of the grate proposed by the authors with grates made of composite material, with a polyamide matrix and a filler of basalt fibre. Experimental grates are mounted on elastic rubber supports with non-linear rigidity. On the basis of finite element modelling, the analysis of the forms and natural frequencies of free oscillations of the grate of cotton cleaner from large litter was carried out. It is shown that the first 12 natural frequencies are located in a narrow range from 2.579 to 2.692 Hz. This is due to the design features of the grate. It is shown that during operation the grate performs forced oscillations with frequencies 45...75 Hz.

**Keywords:** cotton cleaner, grate, elastic support, non-linear stiffness, natural frequencies, vibration modes, finite element

---

© Муродов О. Ж., Рудовский П. Н., Корабельников А. Р., 2022

**For citation:** Murodov O. Zh. , Rudovsky P. N., Korabelnikov A. R. Determination of natural frequencies and forms of free vibrations of the grate of the raw cotton cleaner. *Technologies & Quality*. 2022. No 1(55). P. 24–28. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-24-28>.

Хлопок-сырец перед подачей на джинирование проходит две стадии очистки на очистителях мелкого и крупного сора [1]. Основными рабочими органами очистителя от крупного сора являются пильчатый барабан и колосниковая решетка. Колосники представляют собой стержни круглого сечения закрепленные в боковинах машины, то есть с точки зрения теории колебаний колосниковая решетка очистителя хлопка от крупного сора представляет собой систему с распределенными параметрами. Поэтому результаты, полученные при ее анализе как одномассовой модели с сосредоточенными параметрами [2–4], являются довольно грубым приближением. Для более точного определения всего спектра частот собственных колебаний колосниковой решетки проводилось моделирование в системе ANSYS Mechanical APDL с использованием типа анализа Modal.

Предварительно в среде ANSYS была построена геометрическая модель колосниковой решетки. Колосниковая решетка состоит из пяти одинаковых секций. Поэтому для анализа используется одна секция, показанная на рис. 1. Она представляет собой раму, состоящую из боковин 1 и продольных стальных брусьев круглого сечения 2. На брусьях крепятся промежуточные опоры 3. Рама служит опорой для пяти колосников 4, которые представляют собой стержни круглого сечения, изготовленные из композиционного материала.

Колосники крепятся на раме через упругие резиновые втулки 5, показанные на увеличенном фрагменте геометрической модели (рис. 2).

При проведении расчетов модель рамы закреплялась по боковинам, которым запрещены перемещения по трем координатам. Колосники закреплялись по торцевым поверхностям, на них запрещено перемещение по оси Z. Такая схема закрепления соответствует реальному закреплению колосниковой решетки.

Для всех элементов конструкции использовалась упругая изотропная модель материала. Для материала рамы модуль упругости  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па, коэффициент Пуассона 0,3, плотность  $7800 \text{ кг/м}^3$ , что соответствует параметрам стали. Колосники изготовлены из композиционного материала на основе конструкционного полиамида, армированного базальтовыми волокнами, который имеет модуль упругости  $E = 1,4 \cdot 10^9$  Па, коэффициент Пуассона 0,4, плотность  $900 \text{ кг/м}^3$ . Для резиновых втулок модуль упругости  $E = 10^6$  Па, коэффициент Пуассона 0,4, плотность  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

При своей работе резиновые втулки обладают конструктивной нелинейностью, что учитывается при конечно-элементном моделировании.

В качестве конечного элемента для всех объемов использовался элемент SOLID185. Модель разбивалась на конечные элементы тетраэдрической формы со стороной 1 см. Фрагмент модели с нанесенной на нее конечно-элементной сеткой показан на рис. 3.

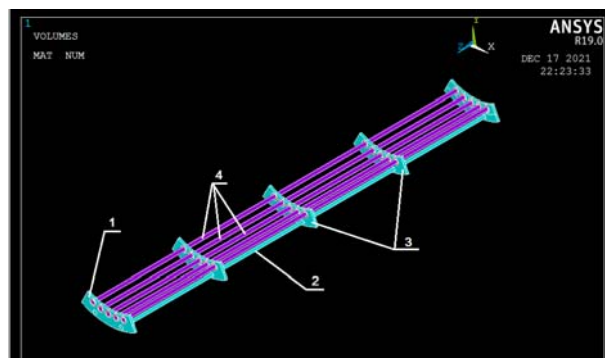


Рис. 1. Геометрическая модель колосниковой решетки

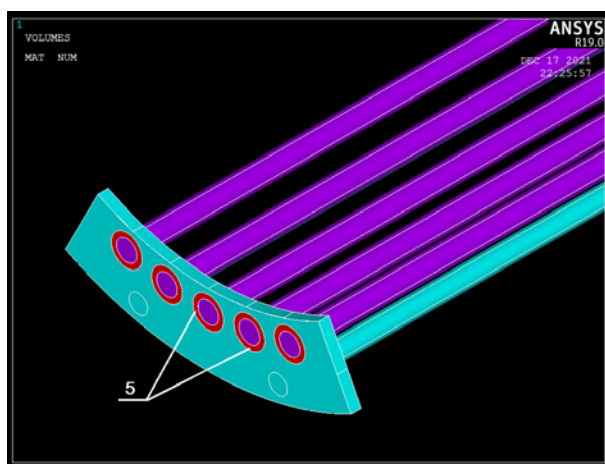


Рис. 2. Крепление колосников на раме

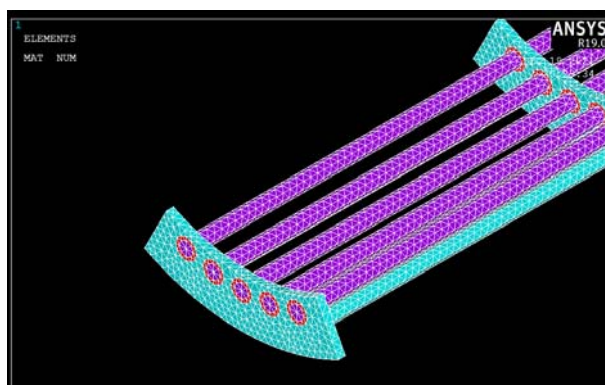


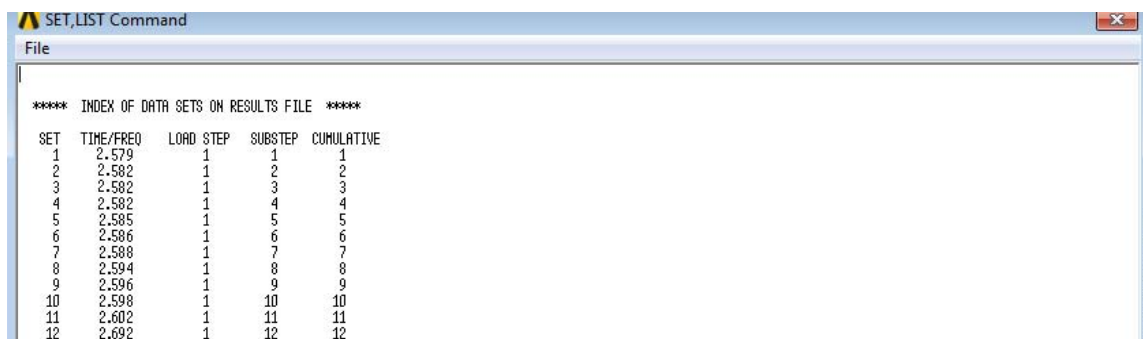
Рис. 3. Фрагмент конечно-элементной сетки

В настройках модуля Modal назначен поиск 12 собственных частот системы в диапазоне от 0 до 50 Гц. Результаты расчета представлены на рис. 4.

В первой колонке приводится номер гармоника, а во второй соответствующая ей частота. Как следует из результатов расчета, все частоты располагаются в довольно узком диапазоне от 2,579 до 2,692 Гц. На рис. 5 представлены формы колебаний для соответствующих частот. Изображение на рис. 5 позволяет понять, почему частоты расположены так близко друг к другу. Колосниковая решетка состоит из пяти одинаковых колосников, разделенных на 4 одинаковых пролета. Каждая из частот, определенных в результате расчета, представляет собой первую форму колебаний для соответствующего пролета в горизонтальной или вертикальной

плоскости. Теоретически эти частоты должны совпадать, имеющееся небольшое расхождение связано с особенностями закрепления среднего и крайнего пролетов, а также разницей в податливости боковин и промежуточных опор в случае приложения нагрузки в среднем или крайних отверстиях.

Как показано в исследованиях [5, 6], в процессе работы колосник совершает вынужденные колебания, вызванные случайными воздействиями со стороны обрабатываемого хлопка. Эти частоты лежат в диапазоне 45...75 Гц, при котором достигается наибольший очистительный эффект. Они не совпадают с частотами свободных колебаний колосников. То есть колосниковая решетка работает в режимах далеких от резонансного.



SET	TIME/FREQ	LOAD STEP	SUBSTEP	CUMULATIVE
1	2.579	1	1	1
2	2.582	1	2	2
3	2.582	1	3	3
4	2.582	1	4	4
5	2.585	1	5	5
6	2.586	1	6	6
7	2.588	1	7	7
8	2.594	1	8	8
9	2.596	1	9	9
10	2.598	1	10	10
11	2.602	1	11	11
12	2.692	1	12	12

Рис. 4. Результаты расчета 12 собственных частот колосниковой решетки

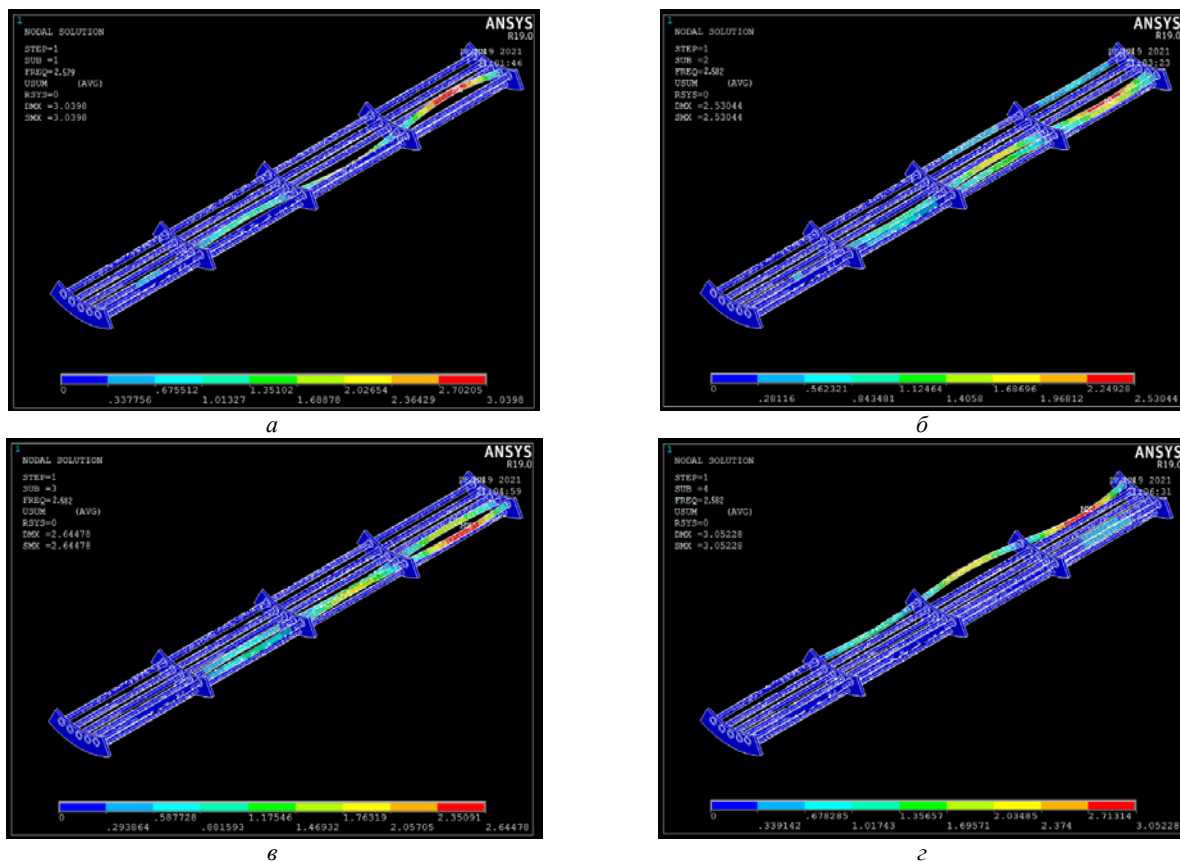


Рис. 5. Формы колебаний колосниковой решетки, соответствующие собственным частотам (начало)

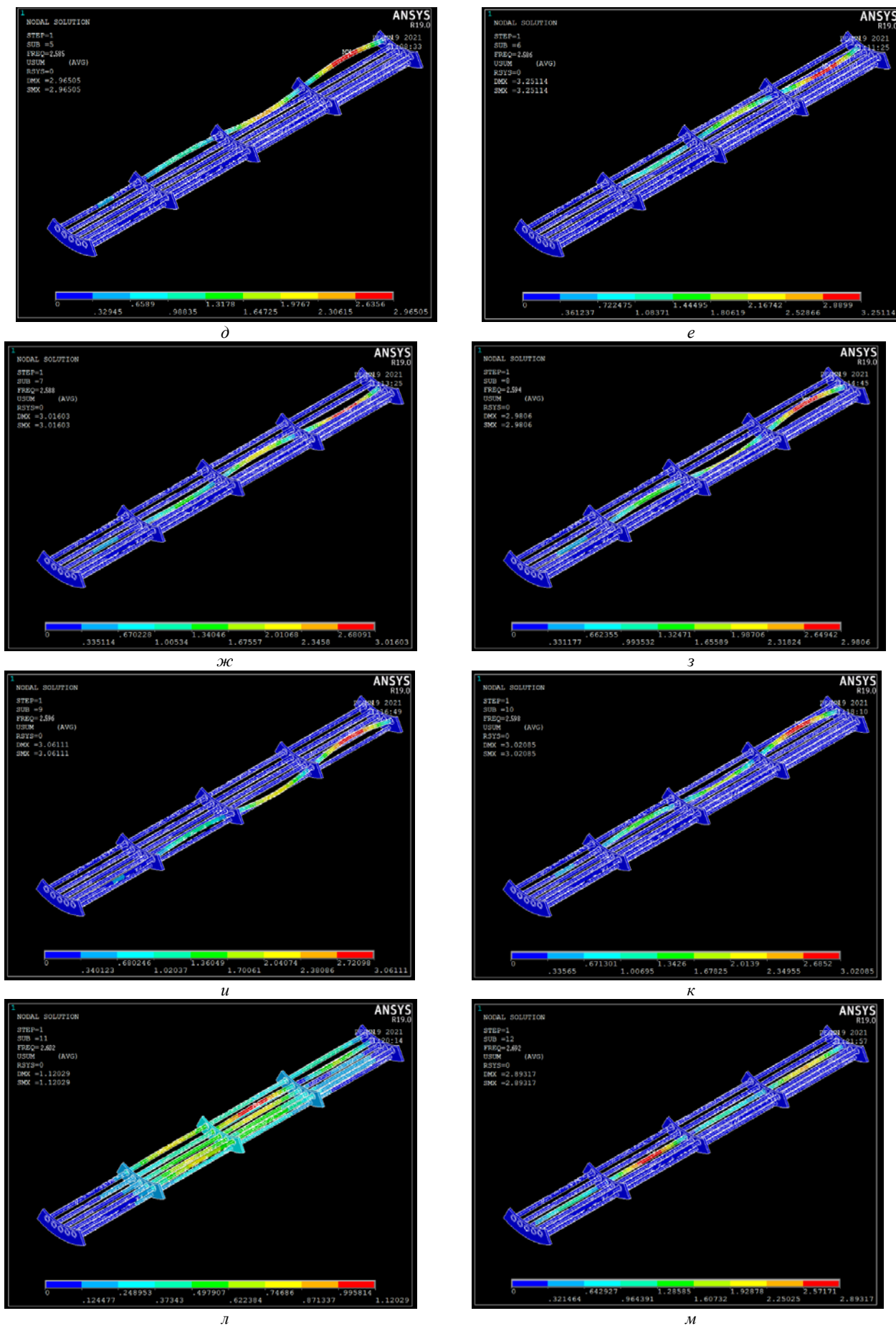


Рис. 5. Формы колебаний колосниковой решетки, соответствующие собственным частотам (окончание)

## ВЫВОД

Установлено, что вынужденные колебаний колосниковой решетки очистителя хлопка от крупного сора возникают под действием на нее перерабатываемого хлопка. Частоты собственных колебаний решетки, полученные по

результатам конечно-элементного моделирования в среде ANSYS Mechanical APDL, на порядок меньше частот вынужденных колебаний, что исключает возможность возникновения резонансного режима работы колосниковой решетки.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Изменение структурного показателя хлопка-сырца по технологическим переходам его переработки / С. А. Газиева, Б. Д. Курбонов, М. Э. Нуров, Х. И. Иброгимов, П. Н. Рудовский // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 5(347). С. 131–135.
2. Design development and parameters calculation methods of plastic diamond pattern bars on resilient supports in ginning machines / O. J. Murodov, D. S. Tashpulatov, A. Juraev J. K. Gafurov, S. Vassiliadis // Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (AITAE 2018) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. URL: [https://www.researchgate.net/publication/329485218\\_Design\\_development\\_and\\_parameters\\_calculation\\_methods\\_of\\_plastic\\_diamond\\_pattern\\_bars\\_on\\_resilient\\_supports\\_in\\_ginning\\_machines](https://www.researchgate.net/publication/329485218_Design_development_and_parameters_calculation_methods_of_plastic_diamond_pattern_bars_on_resilient_supports_in_ginning_machines) (дата обращения: 28.01.2022).
3. Murodov O. J. Perfection of Designs and Rationale of Parameters of Plastic pattern Cleaning Cleaners // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). 2019. Vol. 8, is. 12. P. 2640–2646.
4. Murodov O. J. Development of an effective design and justification of the parameters of the separation and cleaning section of raw cotton // ICMSIT-II 2021 Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889, is. 4. P. 1889–1896.
5. Agzamov M. M., Yunusov S. Z., Gafurov J. K. On the technological development of cotton primary processing, using a new drying-purifying unit // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2017. URL: [https://www.researchgate.net/publication/320940228\\_On\\_the\\_technological\\_development\\_of\\_cotton\\_primary\\_processing\\_using\\_a\\_new\\_drying-purifying\\_unit](https://www.researchgate.net/publication/320940228_On_the_technological_development_of_cotton_primary_processing_using_a_new_drying-purifying_unit) (дата обращения: 28.01.2022).
6. Корабельников А. Р., Лебедев Д. А., Шутова А. Г. Выделение сорных примесей с поверхности слоя волокнистого материала // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. № 4(340). С. 143–147.

## REFERENCES

1. Gazieva S. A., Kurbonov B. D., Nurov M. E., Ibrogimov H. I., Rudovsky P. N. Change of structural index of raw-cotton by technological transitions of its processing. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2013;5(347):131–134. (in Russ.)
2. Murodov O. J., Tashpulatov D. S., 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. URL: [https://www.researchgate.net/publication/329485218\\_Design\\_development\\_and\\_parameters\\_calculation\\_methods\\_of\\_plastic\\_diamond\\_pattern\\_bars\\_on\\_resilient\\_supports\\_in\\_ginning\\_machines](https://www.researchgate.net/publication/329485218_Design_development_and_parameters_calculation_methods_of_plastic_diamond_pattern_bars_on_resilient_supports_in_ginning_machines) (accessed 28.01.2022).
3. Murodov O. J. Perfection of Designs and Rationale of Parameters of Plastic pattern Cleaning Cleaners. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*. 2019;8,12:2640–2646.
4. Murodov O. J. Development of an effective design and justification of the parameters of the separation and cleaning section of raw cotton. *ICMSIT-II 2021 Journal of Physics: Conference Series*. 2021;1889,4:1889–1896.
5. Agzamov M. M., Yunusov S. Z., Gafurov J. K. On the technological development of cotton primary processing, using a new drying-purifying unit. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2017. URL: [https://www.researchgate.net/publication/320940228\\_On\\_the\\_technological\\_development\\_of\\_cotton\\_primary\\_processing\\_using\\_a\\_new\\_drying-purifying\\_unit](https://www.researchgate.net/publication/320940228_On_the_technological_development_of_cotton_primary_processing_using_a_new_drying-purifying_unit) (accessed 28.01.2022).
6. Korabelnikov A. R., Lebedev D. A., Shutova A. G. Selection of trash from the surface of fibrous material layer. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2012;4(340):143–146. (in Russ.)

Статья поступила в редакцию 2.02.2022

Принята к публикации 22.02.2022