

УДК 631.363

DOI 10.47367/0021-3497_2024_6_216

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ДЖИННЫХ КОЛОСНИКОВ****RESEARCH ON THE PRECISION OF GIN GRIDES MANUFACTURING**

А.А. САФОЕВ, Х.Ж. АБДУГАФФАРОВ, П.М. БУТОВСКИЙ, А.А. АТАЖАНОВ

A.A. SAFOEV, KH.ZH. ABDUGAFFAROV, P.M. BUTOVSKIY, A.A. ATAZHANOV

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan)

E-mail: gtnz1071980@mail.ru

В статье приведены результаты исследования точности изготовления рабочей части джиновых колосников с использованием статистических методов. Показано, как точность изготовления влияет на технологический процесс дженирования. Выявлено, что существует высокая вероятность получения брака при изготовлении колосников из-за отклонений размеров от допустимых значений. Рассмотрены возможные причины отклонения от точности. Приведен анализ технологического процесса обработки, который показал, что основные нарушения происходят на этапе фрезерования. Для повышения точности изготовления приведена методика прогнозирования размеров колосников с учетом упругих деформаций при фрезеровании. Разработаны рекомендации по оптимизации режимов резания. Они позволяют снизить упругие деформации системы СПИД и повысить точность размеров. Оптимизированные режимы резания обеспечивают снижение брака при изготовлении без ущерба для производительности. Приведены сравнительные исследования на лабораторной джиновой установке, подтвердившие преимущества использования колосников, изготовленных по предлагаемой технологии.

The article presents the results of the study of the manufacturing accuracy of the working part of gin grates using statistical methods. It is shown how manufacturing accuracy affects the technological process of ginning. It is revealed that there is a high probability of obtaining defects in the manufacture of grates due to deviations in size from acceptable values. Possible causes of deviations from accuracy are considered. An analysis of the technological process of processing is given, which showed that the main violations occur at the milling stage. To improve the manufacturing accuracy, a method for predicting the size of the grates is given,

taking into account elastic deformations during milling. Recommendations for optimizing cutting modes are developed. They allow reducing elastic deformations of the SPID system and increasing the accuracy of sizes. Optimized cutting modes ensure a decrease in defects in manufacturing without compromising productivity. Comparative studies on a laboratory gin installation are given, confirming the advantages of using grates manufactured using the proposed technology.

Ключевые слова: джин, ширина колосника, межколосниковой зазор, колосниковая решетка, точность обработки, вероятность брака, методы обработки.

Keywords: Gin, grate width, inter-grid gap, grate, processing accuracy, probability of defects, processing methods.

В Республике Узбекистан важное значение имеет развитие текстильной промышленности как значимого звена экономики. В этой связи непрерывно повышаются требования к качеству хлопкового волокна. Создание современной автоматизированной системы управления технологией переработки хлопка-сырца, разработка новых способов и процессов таких технологий, использование различных технологических машин согласно установленным требованиям считаются одними из актуальных задач [1].

В технологическом процессе первичной обработки хлопка-сырца наиболее существенное влияние на качество получаемого волокна оказывает волокноотделение, и такой процесс в настоящее время осуществляется при помощи пильных джинов [2].

Колосниковая решетка представляет собой одну из наиболее важных частей пильного джина (рис. 1), ее назначением является пропуск пильных дисков через зазоры между колосниками в рабочую камеру, а также свободный вынос из рабочей камеры волокна, оторванного от семян зубьями пильных дисков. В зазоры между джинными колосниками вместе с волокном не должны проходить семена, поэтому они строго нормируются и в рабочей зоне зазор между соседними колосниками составляет $3+0,2$ мм [3].

Характерной особенностью джинного колосника является быстрое изнашивание его рабочей части. Такой износ приводит к нарушению технологического процесса пильного джинирования, снижению качества выпускаемой продукции и повышению материальных затрат.

В выполненных научно-исследовательских работах, направленных на совершенствование конструкции джинных колосников, указано, что изменение межколосникового зазора из-за износа технологических поверхностей джинных колосников приводит к повышению содержания сора и пороков в волокне, а также увеличению повреждаемости семян [4, 5].

В работах [6...8], где был исследован процесс взаимодействия сырцового валика и межколосникового зазора пильного джина, причиной износа технологической поверхности джинного колосника указывался абразивное изнашивание со стороны сорных примесей в волокне.

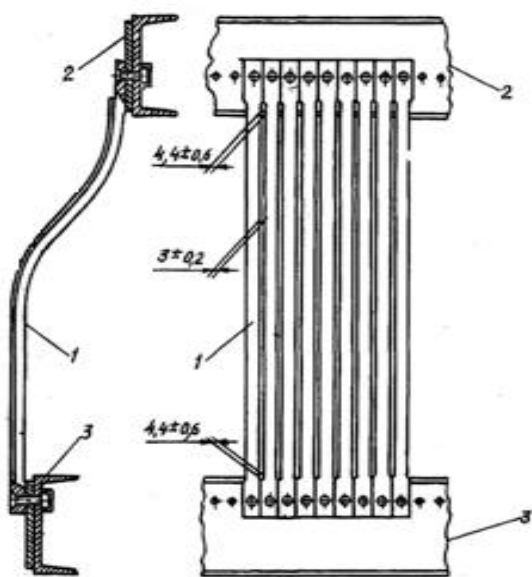


Рис. 1

Как отмечалось выше, изменение зазора между колосниками приводит к увеличению содержания примесей и дефектов в волокне, а также повышению повреждаемости семян. Это обуславливает необходимость поиска решений данной проблемы, включая замену материалов или изменение конструктивных параметров колосников или рабочей камеры [9, 10]. Конструктивные параметры включают также параметры точности, которые, в свою очередь, зависят от технологического процесса изготовления колосников [11].

Для более детального изучения влияния состояния межколосникового зазора на технологические показатели процесса джинирования нами проведены исследования в производственных условиях хлопкоочистительного завода.

В реальных условиях каждая партия колосников, поступающая с завода-изготовителя, имеет значительный разброс по ширине. Из-за этого сборка камеры производится путем индивидуальной подгонки, но не самих колосников, а прокладок пильного цилиндра. При такой подгонке вероятность равномерных зазоров между пилой и колосниками с обеих сторон минимальна. Стоит отметить, что подгонкой занимаются не только на хлопкозаводах, но и на серийных производствах предприятий-изготовителей. Установлено, что после трех месяцев эксплуатации в результате износа колосниковой решетки зазор между колосниками становится переменным, т. е. меняется по длине колосника. При этом показатели работы джина резко ухудшаются по сравнению с решеткой, у которой зазоры постоянны (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Показатели джинирования	Колосниковая решетка	
	с межколосниковым зазором $3 \pm 0,2$ мм	межколосниковый зазор от 3 до 3,2 мм (около 60% зазоров на решетке составляют 3,2 мм)
Поврежденность семян, %	2,5...3,0	5,0...6,0
Засоренность волокна, %	2,0...2,2	3,5...4,0
Опущенность семян, %	10,8...11	12,0...13,5
Короткие волокна, %	5,0...5,5	7,0...8,5
Производительность, % от паспортной	95...100	80...85

Значительные расхождения в показателях объясняются тем, что разных точках зазора условия джинирования изменяются от нормальных до критических, что отрицательно сказывается на показателях качества.

Таким образом, поддержание постоянной ширины зазора за счет предотвращения износа колосников или своевременной их замены является важной задачей для обеспечения высоких эксплуатационных показателей пильных джинов. Мероприятия, описанные в статье, направлены на решение этой проблемы.

Большое влияние на точность изготовления колосниковой решетки и снижение износа ее рабочей части оказывает точность изготовления самих джинных колосников, особенно точность линейного размера ширины джинного колосника в его рабочей части, которая обеспечивает тре-

буемое значение межколосникового зазора для прохождения пильных дисков.

В настоящее время сплошной контроль ширины колосников на предприятии-изготовителе не производится.

Согласно чертежу ширина колосника в рабочей части равна $15,2^{+0,05}_{-0,018}$ мм.

С целью исследования точности изготовления ширины колосников в условиях ООО «ПАХТАЖИН КБ» города Ташкента отобраны три колосниковые решетки с новыми джинными колосниками и произведены измерения ширины каждого колосника (всего 130 шт.) в рабочей части при помощи специального микрометра с высокой (0,005 мм) разрешающей способностью.

При измерении каждый колосник колосниковой решетки был пронумерован и измерена его ширина в трех точках, для

дальнейших вычислений взято среднее значение ширины.

На основе выполненных измерений осуществили анализ точности изготовления ширины рабочей части джинных колосников при помощи математической статистики согласно общепринятой методике [12].

С использованием данных, представленных в табл. 2, построен график рассеяния фактических размеров (рис. 2). Определены характеристики распределения: средний размер $L_{cp}=15,093$ детали и среднее квадратичное отклонение $\sigma=0,042$ мм.

Т а б л и ц а 2

№	Интервалы размеров L_i в мм	Абсолютная частота m_i
1	14,983-15,020	6
2	15,020-15,057	14
3	15,057-15,094	22
4	15,094-15,131	34
5	15,131-15,168	25
6	15,168-15,205	19
7	15,205-15,242	10
$\Sigma m_i=130$		

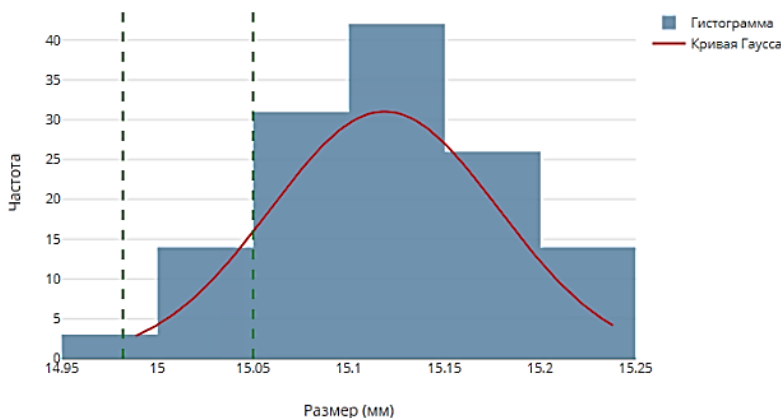


Рис. 2

По вычисленным данным построили кривую нормального распределения непосредственно на графике рассеяния фактических размеров (рис. 2). Смещение центра группирования размера ширины колосника показывает, что доля годных изделий составляет лишь около 6%. Это свидетельствует о возможных отклонениях в технологическом процессе изготовления.

Уменьшение ширины колосника увеличивает зазор в колосниковой решетке. Брак продукции, таким образом, обусловлен текущими параметрами станка, которые подлежат корректировке. Однако следует учитывать, что при изменении центра группирования посредством перенастройки оборудования отклонение кривой распределения за пределы допустимого диапазона останется, т. е. устранить брак невозможно. Завод-изготовитель это отклонение не беспокоит, так как допустимый зазор в колосниковых решетках колеблется от 2,8 до 3,2 мм, а сборка колосниковой решетки осуществляется индивидуальной подгонкой.

В результате выполненного статистического исследования точности изготовления ширины джинных колосников определена вероятность получения брака, по верхнему пределу допуска она составила 1%, а по нижнему существенно выше – около 87%.

Причиной таких отклонений является сама заготовка колосника, которая способствует появлению погрешностей. Как говорилось выше, такая картина не нарушает конечное требование по зазору, но сильно влияет на последующую эксплуатацию джина.

Брак по верхнему пределу допуска можно уменьшить за счет использования дополнительных доводочных (шлифовальных) операций и соответствующих измерительных средств, хотя в этом случае повышается себестоимость изготовления. Брак по нижнему пределу является неустраняемым.

Технологический процесс механической обработки рабочей зоны джинного колос-

ника состоит из операций фрезерования и шлифования. Для анализа их влияния на точность получения ширины рассчитывались коэффициент вариации и эксцесс [10].

Коэффициент вариации (Cv) составлял 0,38%, коэффициент асимметрии $Sk = -0,05$ и $Ex = -0,64$.

Для выявления этапа обработки, на котором формируются нарушения технологического процесса, нами предложен комплексный показатель нарушения процесса (КПНП) обработки, который вычисляется по формуле:

$$КПНП_i = \frac{(|Sk| \cdot Ex \cdot Cv)}{J_i \cdot T}, \quad (1)$$

где Sk – коэффициент асимметрии; Ex – эксцесс; Cv – коэффициент вариации; J – жесткость системы СПИД; T – поле допуска.

Вклад каждого этапа в нарушение процесса можно вычислить по следующей формуле:

$$\Delta КПНП = КПНП_{i-1} - КПНП_i, \quad (2)$$

где $КПНП_{i-1}$ – для фрезерования; $КПНП_i$ – для шлифования.

Если $\Delta КПНП > 0$, то большее нарушение происходит при фрезеровании, а при $\Delta КПНП < 0$ нарушение более вероятно при шлифовании.

Результаты расчетов показали, что нарушения происходят при фрезеровании и затем сказываются на процессе шлифования. Возникающие погрешности связаны с жесткостью системы, влияние которой можно снизить за счет режимов резания. С этой целью рассмотрены зависимости усилий (рис. 3) и погрешностей обработки (рис. 4) от глубины резания.

Графики, представленные на рис. 3 и 4, указывают, что усилие резания зависит от глубины резания линейно, в то время как погрешность имеет нелинейную зависимость. То есть производная усилия резания по глубине резания не является постоянной величиной, а производная погрешности по глубине резания постоянна.

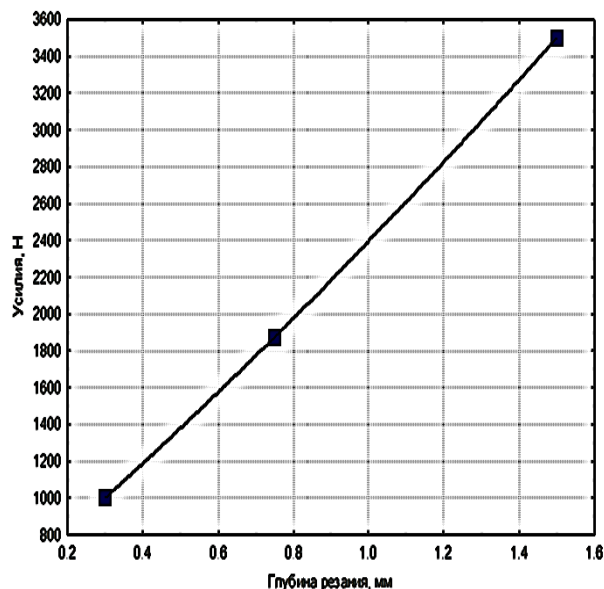


Рис. 3

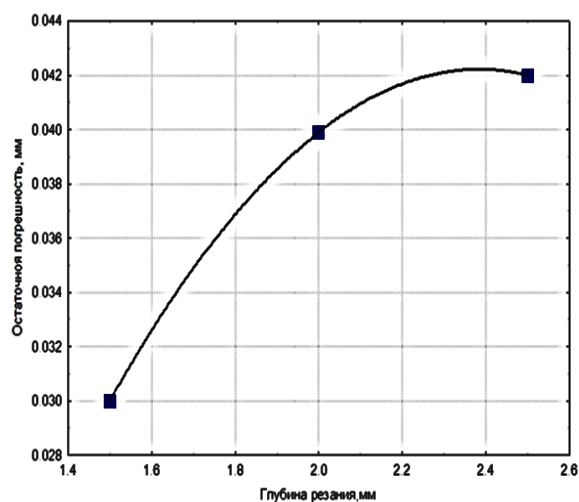


Рис. 4

Это позволяет рассчитать коэффициент коррекции:

$$K = \frac{\frac{d\Delta}{dh}}{\frac{dF}{dh}}, \quad (3)$$

где $\frac{d\Delta}{dh}$ – производная погрешности по глубине резания; $\frac{dF}{dh}$ – производная усилия резания по глубине резания.

Прогнозируемый размер детали при этом можно определить по формуле

$$L_{\text{поб}} = L_3 + K \cdot h, \quad (4)$$

где $L_{\text{поб}}$ – размер детали после обработки; $Lз$ – размер заготовки; h – глубина резания.

Таким образом, зная графики $F(h)$ и $\Delta(h)$ и рассчитав для конкретных режимов K , можно спрогнозировать размер детали после фрезерования и выставить размер инструмента с учетом последующего шлифования для получения требуемого финального размера колосника в пределах допуска.

Расчеты показывают, что для снижения погрешности необходимо уменьшить глубину фрезерования h , что вызовет снижение силы резания F и соответственно погрешности от упругих деформаций. Так, снижение глубины фрезерования до 1 мм позволяет уменьшить погрешность от упругих деформаций до 0,012 мм, что укладывается в заданный допуск.

По рекомендуемым режимам обработана одна партия колосников. Анализ размеров показал отклонения в пределах $\pm 0,01$ мм, то есть размеры колебались от 15,21 мм до 15,19 мм. В результате сборки этих колосников размер зазора составлял $3,19 \pm 0,01$ мм.

Для определения влияния точности изготовления джинных колосников по новой технологии на процесс джинирования проведены сравнительные исследования с колосниками, изготовленными по существующей технологии, на лабораторной джинной установке марки ДЛ-10, в качестве сырья использован хлопок-сырец С-6524 2024 года урожая, II сорта, с исходной засоренностью 7,3%.

Выходными параметрами в исследованиях, которые проводились в трехкратной повторности, приняты сумма пороков и засоренности волокна, опушенность и повреждаемость семян.

Таблица 3

Показатели	Колосниковая решетка из колосников с допуском, мм	
	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$
Влажность хлопка, %	7,6	7,6
Засоренность, %	2,4	2,2
Опушенность семян, %	11,1	10,7
Повреждаемость семян, %	3,1	2,7

Результаты сравнительных исследований приведены в табл. 3.

1. Показано, что качество волокна и производительность джина существенно зависят от стабильности межколосникового зазора, который обеспечивается точностью изготовления колосников.

2. Разработана методика анализа точности технологического процесса изготовления джинных колосников.

3. Анализ показал, что погрешности изготовления колосников формируются на этапе фрезерования.

4. Предложена методика расчета коэффициента коррекции режимов обработки джинных колосников, применение которой увеличивает точность ширины колосников почти в два раза.

5. Испытания лабораторного джина с колосниками, обработанными по предложенной технологии, показали, что засоренность волокна снижается на 8,4 % (отн.), опушенность семян уменьшается на 3,6% (отн.), а повреждаемость семян уменьшается на 12,9% (отн.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента Республики Узбекистан от 16 ноября 2021 года «О мерах по регулированию деятельности хлопково-текстильных кластеров».
2. Лугачев А.Е. Первичная обработка хлопка. Ташкент: ТИТЛП, 2007.
3. Справочник по первичной обработке хлопка. Ташкент, 2019.
4. Лугачев А.Е. Совершенствование процесса пыльного джинирования хлопка-сырца: моногр. Ташкент: Fan va texnologiya, 2016. 168 с.
5. Исмаилов А.А., Нарматов Э.А., Бутовский П.М. Модернизация колосниковой решетки пыльного джина // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5 (395). С. 180...185.
6. Сафоев А.А., Абдугаффаров Х., Бутовский П.М. Исследование процесса изнашивания технологических поверхностей решеток пилломатериалов // БИО Сеть конференций 65, 01022 (2023).
7. Сафоев А.А., Атажанов А.Б., Бутовский П.М. Теоретическое исследование взаимодействия сырцового валика и межколосникового зазора пыльного джина // Universum: технические науки: электрон. науч. журн. 2022. 12(105).
8. Муродов О.Ж., Рудовский П.Н., Корабельников А.Р. Обоснование параметров и конечно-элементное моделирование движения хлопково-душной смеси в сепараторе хлопка // Известия высших учебных заведений. Технология текстиль-

ной промышленности. 2022. № 1 (397). С. 266...271.

9. 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.

10. Атаджанов А.Б., Сафоев А.А. Теоретическое исследование пары «пила-колосник» для снижения износа колосников // Международный исследовательский журнал Galaxу (GIIRJ)ISSN (E): 2347-6915. Т. 9. Вып. 9, сентябрь (2021 г.)

11. Егоров А.А. Технология машиностроения. М.: Машиностроение, 2001.

12. Боровков А.А. Математическая статистика: учебник. М.: Лань, 2010. 704 с.

REFERENCES

1. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated November 16, 2021 "On measures to regulate the activities of cotton-textile clusters".

2. Lugachev A.E. Primary processing of cotton. Tashkent: TITLP, 2007.

3. Handbook on primary processing of cotton. Tashkent, 2019.

4. Lugachev A.E. Improvement of the saw ginning process of raw cotton: monograph. Tashkent: Fan va texnologiya, 2016. - 168 p.

5. Ismailov A.A., Narmatov E.A., Butovsky P.M. Modernization of the saw gin grate // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021, 395 (5), P. 180...185.

6. Safoev A.A., Abdugaffarov Kh., Butovsky P.M. Investigation of the wear process of technological surfaces of lumber grates // BIO Web of Conferences 65, 01022 (2023)

7. Safoev A.A., Atazhanov A.B., Butovsky P.M. Theoretical study of the interaction of the raw roller and the inter-grate gap of the saw gin // Universum: Technical Sciences: electron. scientific journal 2022. 12(105).

8. Murodov O.Zh., Rudovsky P.N., Korabelnikov A.R. Substantiation of parameters and finite element modeling of hie movement of a cotton-air mixture in a cotton separator // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 1 (397). P. 266...271.

9. Murodov O.Zh., Rudovsky P.N., Korabelnikov A.R. Determination of natural frequencies and modes of free vibrations of the grate of a raw cotton cleaner. Technologies and quality. 2022. No. 1 (55). P. 24...28.

10. Atadzhanov A.B., Safoev A.A. Theoretical study of the "saw-grate" pair to reduce grate wear. Global International Interdisciplinary Research Journal (GIIRJ) ISSN (E): 2347-6915 Vol. 9, Issue 9, Sept (2021)

11. Egorov A.A. Mechanical Engineering Technology. M.: Mashinostroyeniye, 2001

12. Borovkov A.A. Mathematical statistics. M.: Lan, 2010. 704 p.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования ТИТЛП. Поступила 08.07.24.