

УДК: 677.21.051.2

**ТОЛАСИМОН МАССАНИНГ КОЛОСНИКЛИ ПАНЖАРА БИЛАН
ЎЗАРО ТАЪСИРИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА УНДАН ИФЛОС
АРАЛАШМАЛАРНИ АЖРАТИБ ОЛИШ**

Сулаймонов Рустам Шенникович

тех.ф.д., катта илмий ходим

Мардонов Ботир Мардонович

ф-м.ф.д., кафедра профессори

Лугачев Анатолий Евгеньевич

тех.ф.д., кафедра профессори

Гаппарова Махфуза Абдусалимовна

тех.ф.н., кафедра доценти

«Пахтасаноат илмий маркази» АЖ, ТТЕСИ

Аннотация. Республикада йилдан-йилга «С-6524», «Султон», «Ан-Боявут-2», «Наманган-77», «Омад» ва бошқа қийин тозаланувчан селекцион навли пахталарнинг тайёрланиши ва машина ёрдамида териб олиши ҳажми ортиб бормоқда. 2018 йилда уларнинг ҳажми умумий тайёрланган пахта ҳажмининг 80% ни ташкил этди. Машина ёрдамида терилган пахтанинг ифлослик даражаси қўл билан терилган пахтанинг ифлослик даражасига қараганда 10-15% га юқори бўлади. Чигит қобиқли тола, эзилган чигит ва чигалли тола жинлаш жараёнида юзага келади ва тола таркибидан уларни фақат пахтани жинлашда ажратиши мумкин. Тола сифатини ошириши мақсадида 80 йилнинг ўрталарида жиннинг ўзида толани тозалаш учун жинга алоҳида икки дондан колосниклар ўрнатилади. Лекин алоҳида колосникларни жин ёндорига маҳкамланиши конструкциясидаги камчиликлари оқибатида арра тишлари билан колосниклар тиги оралигининг талаб этилган катталиқда ўрнатиши имкониятининг йўқлиги тола таркибидан улюк ва ифлос аралашмаларнинг ажралишини камайтирди, чиқиндининг толадорлигини кўпайтирди. АҚШ, Хитой, Ҳиндистон ва бошқа пахтачилик соҳаси ривожланган давлатлардаги жинлар конструкциясида толани тозалаш секцияси қўлланилмайди. Ушбу давлатларда тола аэродинамик ва конденсор типдаги тола тозалагичларда тозаланади. Бунда тола тараш усулида чуқур тозаланганлиги учун чиқиндининг толадорлиги ортади ва, ўз навбатида, навлар бўйича ишлаб чиқарилаётган тола миқдори камаяди. Тола сифати ва жаҳон бозоридаги рақобатбардошлигини ошириши ва чиқиндига ажралаётган тола миқдорини камайтириши бугунги куннинг долзарб вазифасидир. Буни амалга оширишда толани тозалаш учун янги конструкцияли колосникли панжарага эга бўлган такомиллаштирилган аррали жин яратилди. Колосникли панжара билан толали материалнинг ўзаро таъсирида толали материал массасининг ўзгариши назарий томондан ўрганилди.

Таянч тушунчалар: толали материал тозалагич, аррали жин, аррали цилиндр, тола, тезлик, босим, зичлик, ифлослик, тозалаш самарадорлиги, сифат.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ С КОЛОСНИКОВОЙ РЕШЕТКОЙ
И ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗ НЕЕ СОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ**

Сулаймонов Рустам Шенникович

д.тех.н., старший научный сотрудник

Мардонов Ботир Мардонович

д.ф.-м.н., профессор кафедры

Лугачев Анатолий Евгеньевич

д.тех.н., профессор кафедры

Гаппарова Махфуза Абдусалимовна

к.тех.н., доцент кафедры

АО «Пахтасаноат илмий маркази», ТИТАП

Аннотация. В республике с каждым годом увеличиваются объемы заготовки трудноочищаемых селекционных сортов «С-6524», «Султон», «Ан-Баяут-2», «Наманган-77», «Омад» и др. В 2018 году их доля составила 80% от общего объема заготовки. С каждым годом увеличиваются объемы заготовки хлопка-сырца машинного сбора. Засоренность хлопка-сырца при машинном сборе больше на 10-15%, чем ручного. Кожица с волокном, битые семена и узелки образуются в процессе дженирования и, следовательно, удалить их возможно только при дженировании хлопка-сырца. С целью повышения качества волокна, в середине 80-х годов, для очистки волокна в самом джине были установлены два индивидуальных колосника. Но из-за недостатков конструкции крепления индивидуальных колосников на боковинах джина невозможно установить требуемые зазоры между зубьями пил и кромками колосников, что снижает выделение улюка и сорных примесей, а также увеличивает волокнистость отходов. В развитых хлопкосеющих странах, таких как США, Китай, Индия и др., в конструкциях джинов не применяются секции очистки волокна. У них волокно очищается на волокноочистителях аэродинамического и конденсорного типа. При этом волокно подвергается усиленной очистке по принципу расчесывания, что повышает волокнистость отходов, тем самым уменьшая количество вырабатываемого волокна по сортам. Повышение качества волокна, уменьшение потерь в отходы и достижение конкурентоспособности на мировом рынке являются актуальной задачей. Для реализации этих целей создан модернизированный пыльный джин с колосниковой решеткой новой конструкции для очистки волокна. Теоретически изучено изменение массы клочка волокнистого материала, которое происходит в процессе ударных взаимодействий с колосниковой решеткой.

Ключевые слова: очиститель волокнистого материала, пыльный джин, пыльный цилиндр, волокно, скорость, давление, плотность, засоренность, эффективность очистки, качество.

MODELING OF THE PROCESSES OF INTERACTION OF FIBER MASS WITH BOILER GRID AND ISOLATION OF HERBULAR IMPURITIES FROM IT

Rustam Shanikovich Sulaimonov

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

Mardonov Botir Mardonovich

Doctor of Physics and Mathematics, Professor

Lugachev Anatoly Evgenievich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Gapparova Mahfuza Abdusalimovna

PhD., Associate Professor

«Pakhtasanoat Ilmiy Markazi» JSC, Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotation. In the republic, the volumes of harvesting of hard-to-clean breeding varieties «S-6524», «Sulton», «An-Bayaut-2», «Namangan-77», «Omad» and others have increased annually. In 2018, their share amounted to 80% of the total harvest. With each year, the volume of harvesting raw cotton of machine harvest is increasing. The weediness of raw cotton at machine gathering is 10-15% more than manual. The peel with fiber, broken seeds and nodules are formed in the process of ginning and, therefore, they can only be removed when ginning raw cotton. In order to improve the quality of the fiber, in the mid-80s, two individual grates were installed in the gin itself for cleaning the fiber. But due to the flaws in the mounting structure of the individual grates on the side walls of the gin, it is impossible to establish the required gaps between the saw teeth and the edges of the grates, which reduces the release of hives and trash, as well as increased waste fiber. In developed cotton-growing countries such as the USA, China, India, etc., fiber cleaning sections are not used in the construction of gins. They have fiber cleaned on fiberglass aerodynamic and condenser type. In this case, the fiber is subjected to enhanced cleaning according to the principle of scratching, which increases the fiber content of the waste, thereby reducing the amount of fiber produced by grades. Improving the quality of fiber, reducing waste losses and competitiveness in the global market is an urgent task. To achieve these goals, a modernized saw gin with a grate of a new design for fiber cleaning has been created. A theoretical study was made on the change in the mass of a piece of fibrous material that occurs in the process of shock interaction with the fire grate.

Key words: fibrous material cleaner, saw gin, saw cylinder, fibers, speed, pressure, density, contamination, cleaning effect, quality.

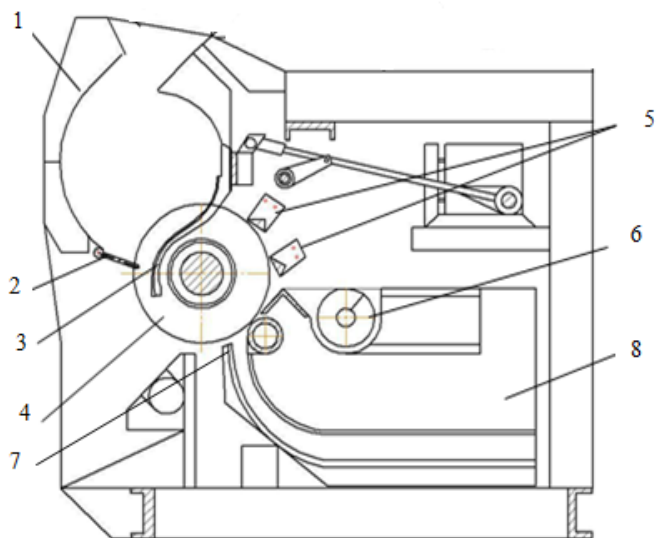
Введение

В настоящее время в республике доля трудноочищаемых селекционных сортов хлопка, таких как «С-6524», «Ан-Баяут-2», «Омад», «Наманган-77» и другие составляет более 80% от общего количества заготовленного хлопка-сырца. Кроме того, для облегчения ручного труда и уменьшения дополнительных расходов с каждым годом увеличивается объем заготовки хлопка-сырца машинного сбора. Анализ качества заготовленного хлопка-сырца показал, что засоренность хлопка-сырца машинного сбора, по сравнению с ручным сбором, более высокая и составляет 10-15% в среднем по республике [1]. Результаты ранее проведенных научно-исследовательских работ показали, что значительно повысить качество волокна за счет многократной и усиленной очистки хлопка-сырца невозможно, поскольку очистительный эффект регламентированного процесса очистки достигает 80-90%, а дальнейшее его повышение неэкономично [2]. Кроме того, часть пороков волокна, таких как кожица с волокном, битые семена и узелки, образуются в процессе дженирования и, следовательно, удалить их возможно только при дженировании хлопка-сырца.

В середине 80-х годов для очистки волокна в самом джине серийный пыльный джин 4ДП-130 был модернизирован и выпущен под маркой 5ДП-130, на котором были установлены два индивидуальных колосника [3]. Джин состоит из рабочей камеры (1), семенной гребенки (2), консольного колосника (3), пыльного цилиндра (4), колосников для очистки волокна (5), соровыводящего шнека (6), улючного козырька (7) и воздушной камеры (8) (рис. 1). Установленные два индивидуальных колосника (5) трапециодальной формы осуществляли очистку выработанного волокна, повышая его качество. Но из-за недостатков крепления индивидуальных колосников на боковинах джина невозможно было установить требуемые зазоры между зубьями пил и кромками колосников, что снижало выделение улюка и сорных примесей. При этом уменьшался очистительный эффект по волокну до 12-14%, увеличилась волокнистость отходов до 16-19% при очистке волокна высоких и низких сортов [4, 5]. Учитывая положительное влияние на качество волокна, несмотря

на уменьшение очистительного эффекта, эти индивидуальные колосники до настоящего времени применяются на джинах 5ДП-130 и ДПЗ-180.

В развитых хлопкосеющих странах, таких как США, Китай, Индия и др., в конструкциях джинов не применяются секции очистки волокна (рис. 2, 3). У них волокно очищается на волокноочистителях аэродинамического и конденсорного типа [6, 7]. При этом волокно подвергается усиленной очистке по принципу расчесывания, что повышает волокнистость отходов, тем самым уменьшая количество выработываемого волокна по сортам.



3 – консольный колосник;
4 – пыльный цилиндр; 5 – индивидуальные колосники; 6 – улючный шнек;
7 – улючный козырек; 8 – воздушная камера.

Рис. 1. Схема пыльного джина марки 5ДП-130 с двумя индивидуальными колосниками

Объектом исследования являются техника и технология дженирования хлопка-сырца и очистки волокна.

Целью исследования являются создание модернизированного пыльного джина с колосниковой решеткой новой конструкции для очистки волокна, определение теоретическим путем рационального количества колосников, их расположения при эффективном извлечении улюка и сорных примесей в процессе очистки волокна.

Теоретическая часть

Изучая достоинство индивидуальных колосников и учитывая их недостатки, разработана схема колосниковой решетки. Для эффективного извлечения улюка и сорных примесей из волокна и уменьшения волокнистости в отходах теоретически определим рациональное количество колосников, их расположение и угол наклона к радиусу пильного цилиндра.

Очистка волокнистой массы происходит в результате ударного взаимодействия с колосниковой решеткой, где происходит разрыхление массы за счет увеличения ее исходного объема. Если масса поступает в зону очистки непрерывно с расходом Q и взаимодействует с $S = \varphi_0 R$ -ой долевой частью поверхности, где n – частота вращения барабана, то в силу стационарности за период $T = Sn$ в камеру поступает одинаковая масса волокна $m = QSn$.

Составим уравнение для описания изменения этой массы за

время прохождения через очистительную зону. Масса волокна за время dt уменьшается в результате ухода частиц сорных примесей $m - dm$, где m – масса волокон за время t . Согласно работе А.Г. Севостьянова и П.А. Севостьянова «Моделирование технологических процессов. Легкая и пищевая промышленность» [8], изменение массы за это время пропорционально изменению объема, занятому массой dm , т.е.:

$$\frac{dm}{m} = \frac{1}{a} \frac{dV}{V}, \quad (1)$$

где V – объем волокнистой массы за время t , dV – изменение объема за время dt , a – коэффициент пропорциональности, являющийся функцией времени, поскольку в процессе очистки уход примесей из массы из-за удара о колосник неравномерно по времени.

Если учитывать зависимости $V = \frac{m}{\rho}$, $V + dV = \frac{m - dm}{\rho - d\rho}$, то получаем:

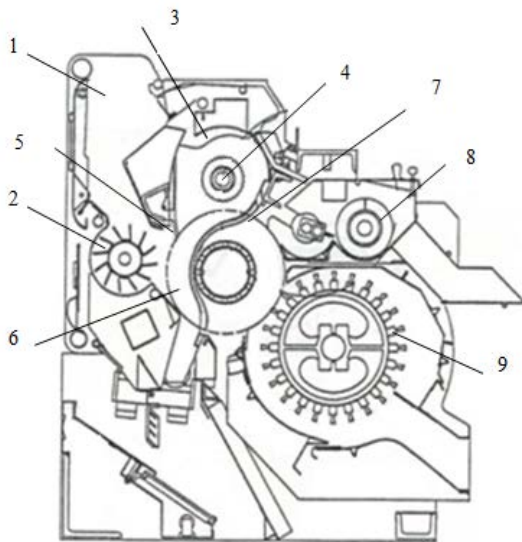
$$\frac{dV}{V} = \frac{m - dm}{\rho - d\rho} \cdot \frac{1}{V} - 1 = \frac{m - dm}{\rho - d\rho} \cdot \frac{\rho}{m} - 1 = \frac{1 - \frac{dm}{m}}{1 - \frac{d\rho}{\rho}} - 1 = \left(1 - \frac{dm}{m}\right) \left(1 + \frac{d\rho}{\rho}\right) - 1 = -\frac{dm}{m} + \frac{d\rho}{\rho}.$$

Подставляя выражение $\frac{dV}{V}$ в формулу (1), получаем:

$$\frac{dm}{m} = \frac{1}{1+a} \cdot \frac{d\rho}{\rho} \quad (2)$$

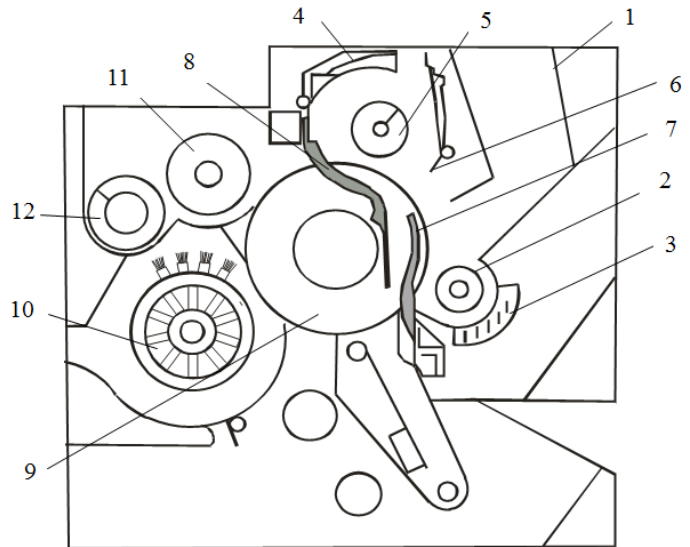
Равенство (2) устанавливает связь между относительным изменением массы волокна и его плотности. Если принять в качестве волокнистой массы отдельный клочок (волокна), то в правой части равенства (2) следует установить изменение (уменьшение) плотности

клочка по времени в результате взаимодействия его с колосниками и выделения некоторой части сорных примесей. Такое изменение представлено в виде линейной функции угла поворота клочка по дуге контакта его с колосниками и их количеству [5].



- 1 – шелушильная камера,
- 2 – набрасывающий барабан,
- 3 – рабочая камера, 4 – ускоритель,
- 5 – семенная гребенка, 6 – пильный цилиндр,
- 7 – колосник, 8 – улочный шнек,
- 9 – щеточный барабан.

Рис. 2. Схема пильного джина фирмы «Льюмус» (США)



- 1 – шелушильная камера, 2 – набрасывающий барабан,
- 3 – колосниковая решетка, 4 – рабочая камера, 5 – ускоритель, 6 – семенная гребенка,
- 7 – шелушильный колосник, 8 – консольный колосник, 9 – пильный цилиндр, 10 – щеточный барабан, 11 – скребок, 12 – улочный шнек.

Рис. 3. Схема пильного джина марки МУ-171 компании «Лебедь» (Китай)

1. Если принять, что клочок совершает совместное вращение с пильчатым барабаном с угловой скоростью ω и периодически контактирует с колосниками, в соответствии с принятой схемой взаимодействия, то изменение массы клочка за время dt можно записать в виде:

$$\frac{d\rho}{\rho} = -b\omega dt \quad (3)$$

где b – коэффициент пропорциональности.

С учетом (3) зависимость (2) можно представить как:

$$\frac{dm}{m} = -\frac{b\omega}{1+a} dt \quad (4)$$

Принимаем, что с течением времени темп снижения массы за счет выделения сорных примесей уменьшается. В этом

случае коэффициент a в простейшем случае можно принять в виде:

$$a = a(t) = a_0 + a_1\omega t \quad (5)$$

Подставляя выражение $a(t)$ в уравнение (4) и интегрируя его при условии $m(0) = m_0$, получаем:

$$m = m_0(1 + \lambda_1\omega t)^{-\lambda_0/\lambda_1}, \quad (6)$$

$$\text{где } \lambda_0 = b/(1+a_0), \lambda_1 = a_1/(1+a_0)$$

Эффективность очистки волокнистой массы определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{m_0 - m}{m_0} = 1 - (1 + \lambda_1\omega t)^{-\lambda_0/\lambda_1} \quad (7)$$

Количество выделенных сорных примесей за время взаимодействия с колосниками $t = \varphi_0 / \omega$ (φ_0 – угол охвата колосниковой решетки по дуге очистки) будет равно:

$$\Delta m = m_0 - m = m_0 - m_0(1 + \lambda_1\varphi_0)^{-\lambda_0/\lambda_1} = m_0\varepsilon(\varphi_0 / \omega) \quad (8)$$

На рис.4 представлены кривые зависимости интенсивности очистки $\varepsilon = 100\varepsilon(\tau)$ от безразмерного времени $\tau = \omega t$ при различных значениях коэффициентов λ_0 и λ_1 . Видно, что с ростом коэффициента ε также увеличивается, при этом рост второго коэффициента λ_1 , приводящего к снижению темпа выделения сорных примесей, может привести к существенному уменьшению эффективности очистки. В связи с этим отметим, что для обеспечения равномерного выделения сорных примесей следует изменить характер взаимодействия клочка с колосниками, например, увеличив коэффициент λ_0 .

На рис. 5 показаны графические зависимости количества выделенных

сорных примесей (в % и отнесенной к массе m_0) от коэффициента λ_0 при различных значениях параметра λ_1 . Анализ результатов показывает, что масса M линейно зависит от коэффициентов λ_0 и λ_1 при малых их значениях.

2. Клочок точно взаимодействует с колосниками. Пусть при прохождении волокнистой массы через зону очистки происходит точечный контакт с поверхностями колосников. При составлении уравнения движения клочка в местах контакта с поверхностями колосников учитываем вес клочка и трение между клочком и колосником.

Уравнения кругового движения клочка записывается в виде:

$$mR\ddot{\varphi} = m \sum_{i=1}^k [g \cos \varphi_i - f \sin \varphi_i - fm\dot{\varphi}_i^2 R] \delta(\varphi - \varphi_i) , \quad (9)$$

где: $\varphi_i = i\varphi_0$, f – коэффициент трения между клочком и поверхности колосника

$\delta(z)$ – функция Дирака.

Вводя функцию $y = \frac{d\varphi}{dt}$, уравнение (9) приведем к виду:

$$\frac{1}{2} \frac{dy^2}{d\varphi} = \sum \frac{g}{R} [(\cos \varphi_i - f \sin \varphi_i) - fy_i^2] \delta(\varphi - \varphi_i)$$

Интегрируя последнее уравнение при условии $y = \omega$ для $\varphi = \varphi_0$, получим

$$y = 2y_0^2 = 2\omega^2 \text{ при } \varphi_0 < \varphi < 2\varphi_0$$

$$y^2 = 2\omega^2 + \frac{2g}{R} (\cos \varphi_1 - f \sin \varphi_1) - 2fy_1^2 \text{ при } 2\varphi_0 < \varphi < 3\varphi_1 \quad (10)$$

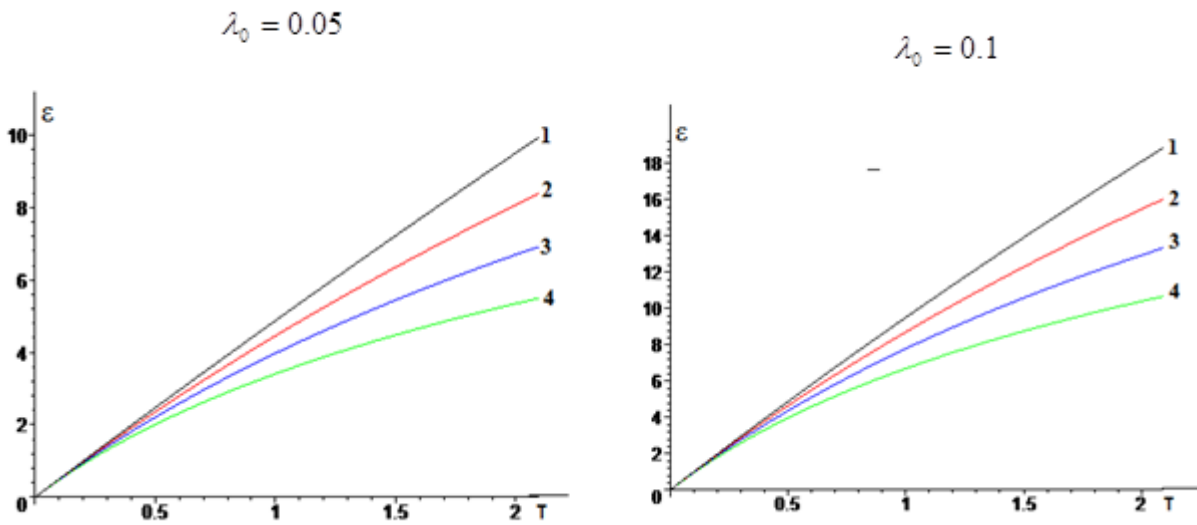


Рис. 4. Зависимости относительного изменения массы $\varepsilon = 100(m_0 - m) / m_0$ выделяемых примесей по безразмерному времени $\tau = \omega t$ при различных значениях параметра λ_1 : 1 - $\lambda_1 = 0$, 2 - $\lambda_1 = 0.2$, 3 - $\lambda_1 = 0.5$, 4 - $\lambda_1 = 1$

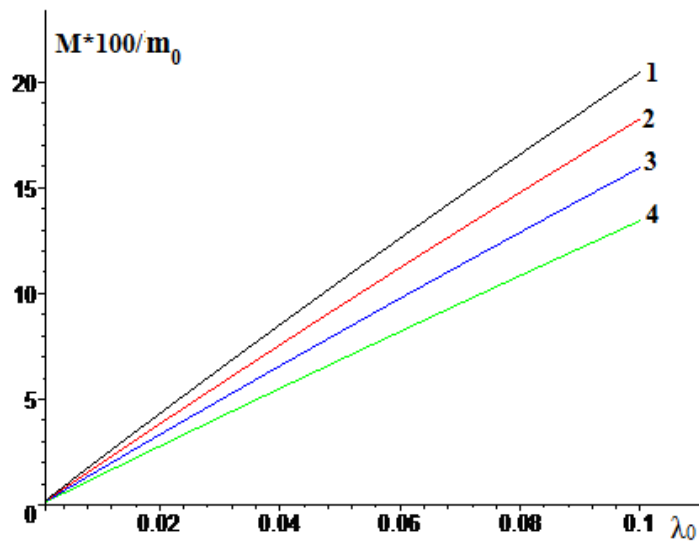


Рис. 5. Зависимости массы выделяемых сорных примесей в % (отнесенной к величине m_0) от коэффициента λ_0 при различных значениях параметра

$$\lambda_1 : 1 - \lambda_1 = 0, 2 - \lambda_1 = 0.2, 3 - \lambda_1 = 0.5, 4 - \lambda_1 = 1.$$

$$y^2 = 2\omega^2 + \frac{2g}{R}(\cos \varphi_1 - f \sin \varphi_1) - 2fy_1^2 + \frac{2g}{R}(\cos \varphi_2 - f \sin \varphi_2) - fy_2^2 \text{ при } 3\varphi_0 < \varphi < 4\varphi_0$$

$$y^2 = 2\omega^2 + \frac{2g}{R}(\cos \varphi_1 - f \sin \varphi_1) - 2fy_1^2 + \frac{2g}{R}(\cos \varphi_2 - f \sin \varphi_2) - fy_2^2 + \dots + \frac{2g}{R}(\cos \varphi_i - f \sin \varphi_i) - fy_i^2$$

При $(i + 1)\varphi_0 < \varphi < (i + 2)\varphi_0$, $i = 0, 1, 2, \dots, k - 1$

Полагая $y = y_1^2$ при $\varphi = 2\varphi_0$, находим:

$$y_1^2 = \frac{g(\cos \varphi_1 - f \sin \varphi_1)}{2(1 + f^2)R} + \omega^2$$

Аналогично находим

$$y_i^2 = \omega^2 + \frac{g}{R} \sum_{j=1}^i \frac{g(\cos \varphi_j - f \sin \varphi_j)}{(1 + f^2)}, \quad i = 1, 2, \dots, k - 1$$

Выражение скорости клочка определяется по формулам (9). Изменение массы клочка согласно модели А.Г. Севастьянова определяется уравнением:

$$\frac{dm}{m} = -\frac{by_i dt}{1 + a}$$

Интегрируя при условии $m(0) = m_{00}$, получаем для моментов времени:

$$m = m_1 = m_0 \exp(-\lambda_0 y_1 t) \quad \text{при } 0 < t < t_1$$

$$m = m_2 = m_1 \exp[-\lambda_0 y_2 (t - t_1)] \quad \text{при } t_1 < t < t_2$$

$$m = m_i = m_{i-1} \exp[-\lambda_0 (t - t_{i-1})] \quad \text{при } t_{i-1} < t < t_i \quad i = 1, 2, \dots, k - 1$$

Вывод

1. Изучены конструкции пильных джинов, имеющих очистительные секции для очистки волокна. Определено влияние конструкции и расположения колосников на очистительный эффект, качество волокна и волокнистость отходов.

2. Предложен вариант колосниковой решетки для очистки волокна в пильных

джинах. Теоретическим путем изучено изменение массы волокнистого материала за счет выделения сорных примесей в процессе ударного взаимодействия с колосниковой решеткой.

3. С ростом параметра λ_0 , связанного с повышением интенсивности выделения примесей, рост параметра λ_1 приводит к их существенному уменьшению.

Источники и литература

1. Сулаймонов Р.Ш., Каримов У.К., Маруфханов Б.Х. Разработка модернизированного и автоматизированного пильного джина на базе 7ДП-90. Отчет АО «Пахтасаноат илмий маркази». – Т.: 2017. – 55 с.
2. Пахтани дастлабки ишлаининг мувофиқлаштирилган технологияси (ПДИ 70-2017). А.С. Камаловнинг умумий таҳрири остида. «Пахтасаноат илмий маркази» АЖ. – Т.: 2017. – 91 б.
3. Пахтани дастлабки ишлаш бўйича справочник. Ф.Б. Омоновнинг умумий таҳрири остида. –Т.: Voris nashriyot, 2008. – 416 б.
4. O'zDSt 632:2016 Волокно хлопковое. Методы определения массовой доли пороков и сорных примесей. – Т.: 2016. – 22 с.
5. Максудов Э.Т., Нуралиев А.Н. Сборник инструкций и методик по техническому контролю и оценке качества хлопка-сырца и продукции его переработки в хлопкоочистительной промышленности. – Т.: Мехнат, 1992. – 340 с.
6. Gordon S., Hsieh Y-L., Cotton: Science and technology // Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2007. – pp. 4-5.

7. Kozlowski Ryszard M. *Handbook of natural fibres. Volume 2: // Processing and applications.* – Woodhead Publishing Limited, 2012. – pp. 14-17.

8. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.. *Моделирование технологических процессов. Легкая и пищевая промышленность.* – М.:1984. – 344 с.

Рецензент:

Тошболтаев М., д.т.н., проф., заместитель директора по научной работе и инновациям Научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства.