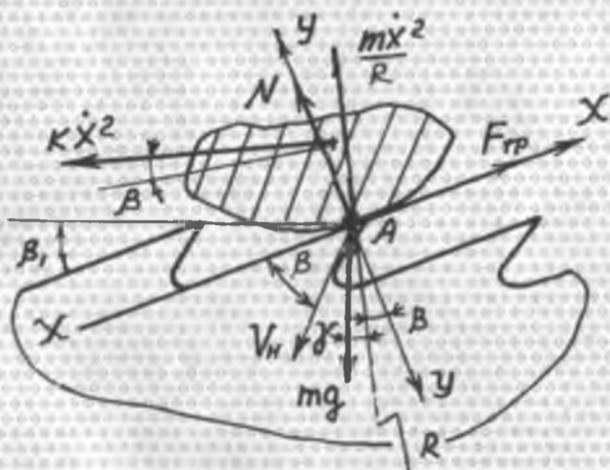


677-2
Л-83

ЛУГАЧЕВ А. Е., ТУРСУНОВ Х. К.

Для
ВУЗов

**ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ И
ПРОЦЕССОВ В МОДУЛЯХ ПИТАНИЯ И ОЧИСТКИ
ХЛОПКА-СЫРЦА И ВОЛОКНА**



Ташкент 2006

677.2
А-83

11044

ЛУГАЧЕВ А. Е., ТУРСУНОВ Х. К.

**ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЦЕССОВ
В МОДУЛЯХ ПИТАНИЯ И ОЧИСТКИ ХЛОПКА-СЫРЦА И
ВОЛОКНА**

*Допущено научно-методическим Советом Ташкентского
института текстильной и легкой промышленности в
качестве учебного пособия для студентов бакалавриатуры
магистратуры, аспирантам и научным работникам по
первичной обработке хлопка*

ТАШКЕНТ - 2006

20 Та

БИБЛИОТЕКА
Бух. ТИП и ЛП
№ 43810

А Н Н О Т А Ц И Я

Учебное пособие предназначено для магистрантов, аспирантов, соискателей и инженеров, работающих в области первичной переработки хлопка.

Разделы учебного пособия отражают новые направления развития промышленности, где раскрыты внутренние связи и механизмы в сложных многофакторных процессах питания, очистки хлопка-сырца и волокна.

Результаты теоретико-экспериментальных исследований, приведенных в пособии, изложены последовательно, в соответствии с регламентированным технологическим процессом переработки волокнистого материала на хлопкозаводах Республики, и дают научные и практические основы для разработки эффективной, ресурсосберегающей технологии и техники для хлопкоочистительной промышленности.

Авторы: д.т.н. Лугачев Анатолий Евгеньевич
д.т.н. Турсунов Хамидулла Кучкарович

Рецензенты: 1. Зав. кафедрой «Теоретическая механика и сопротивление материалов» ТИТЛП д.т.н. Т.М. Мавлянов

2. Зав. кафедрой «Первичная обработка хлопка» ТИТЛП
доц. М.А. Ахматов

3. Старший научный сотрудник ОАО «Пахта тозалаш ИИ ЧВ»
к.т.н. А.М. Гуляев

Утверждено на научно-методическом Совете ТИТЛП

05.11.2004, протокол №1

| | | |
|----------------|--|-----------|
| Глава 1 | СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПИТАЮЩИХ СИСТЕМ В ФОРМИРОВАНИИ РОВНОТЫ ХЛОПКОВОГО ПОТОКА К ЛИНЕЙНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА – СЫРЦА | 6 |
| 1.1. | Предподготовка хлопка-сырца к формированию хлопкового потока в питателе | 7 |
| 1.2. | Экспериментальные исследования неровноты выдачи хлопка-сырца из шахты при ее разгрузке | 12 |
| 1.3. | Теоретические исследования процесса уплотнения массы хлопка-сырца в шахтенакопителе с наклонными стенками | 15 |
| 1.4. | Динамика формирования хлопкового потока лопастными питающими валиками | 17 |
| 1.5. | Контрольные вопросы | 26 |
| Глава 2 | РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ПИТАНИЯ И ПОПУТНОЙ ОЧИСТКИ ХЛОПКА-СЫРЦА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ | 27 |
| 2.1 | Совершенствование питателя к пильному джину | 30 |
| 2.1.1 | Исследование неровноты формируемого хлопкового потока в изучаемых системах питания | 31 |
| 2.1.2 | Кинетика структуры хлопка-сырца и очистительного эффекта от кратности воздействия рабочих органов на материал | 33 |
| 2.1.3 | Оценка очистительного эффекта в исследуемых питателях | 36 |
| 2.1.4 | Сравнительная оценка серийного и нового питателей по основным параметрам джина и их оптимизация | 36 |
| 2.2 | Контрольные вопросы | 37 |
| Глава 3 | ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЧИСТИТЕЛЕЙ ХЛОПКА-СЫРЦА ОТ МЕЛКИХ СОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ПРЯМОТОЧНО-ПОПУТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКОЗАВОДА | 38 |
| 3.1 | Теория процесса транспортирования частиц хлопка организованным воздушным потоком планками барабана в рабочей зоне модуля очистки | 41 |
| 3.2 | Исследование процесса вывода сорных примесей через ячейки сетчатых поверхностей с учетом действия воздушных потоков в модуле очистки | 44 |
| 3.3 | Теоретические исследования параметров колебательных процессов на эффективности очистки в модуле очистителя | 59 |
| 3.4 | Теоретические исследования по изысканию принципа регулирования эффективности процесса в прямоточно-попутных модулях очистителей мелкого сора | 62 |
| 3.5 | Контрольные вопросы | 66 |
| Глава 4 | ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ХЛОПКА-СЫРЦА К ОЧИСТКЕ И РАЗРАБОТКА НОВОГО МОДУЛЯ ОЧИСТИТЕЛЯ КРУПНОГО СОРА К ЛИНЕЙНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ | 67 |
| 4.1 | Процесс предварительного распределения и закрепления частиц хлопка-сырца в зоне наброса материала на гарнитуру барабана перед притирочной щеткой | 68 |
| 4.2 | Теоретические основы процесса обеспечения равномерным слоем питания хлопком-сырцом перед притирочной щеткой в модуле очистителя крупного сора | 77 |
| 4.3 | Разработка и исследование разравнивающего устройства по основным технологическим параметрам | 82 |
| 4.3.1 | Оптимизация параметров разравнивающего устройства с однорядным распо- | |

| | | |
|-------|---|-----|
| | жением активизаторов процесса | 83 |
| 4 3 2 | Разработка опытно-экспериментального варианта разравнивающего устройства и проведение исследования по основным технологическим параметрам | 85 |
| 4 4 | Теоретические предпосылки и разработка закрепляющих щеточных устройств с регулируемыми параметрами технологического процесса | 87 |
| 4 5 | Механическая технология процессов в колосниково-пыльчатой области модуля очистителя крупного сора | 91 |
| 4 5 1 | Анализ и разработка профиля колосника с высокой избирательной способностью к сорывделению | 92 |
| 4 5 2 | Повышение технологической надежности процесса закрепления частиц хлопка-сырца на пыльчатой гарнитуре рабочего барабана в модуле очистки | 98 |
| 4 6 | Контрольные вопросы | 102 |

Глава 5 ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ПРОЦЕССОВ В ВОЛОКНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

| | | |
|-------|--|-----|
| 5 1 | Теоретические основы процесса очистки хлопковых волокон | 109 |
| 5 1 1 | Прядка хлопковых волокон как объект переработки | 111 |
| 5 1 2 | Процессы внутри пучка волокон при их взаимодействии с рабочими органами | 118 |
| 5 2 | Моделирование технологического процесса взаимодействия прядки волокон с колосниками в модуле очистки | 130 |
| 5 2 1 | Исследование формы движения пучка волокон по поверхности колосника волокноочистителя | 134 |
| 5 3 | Основа процесса очистки волокна при высокоскоростных режимах работы пыльного цилиндра | 137 |
| 5 3 1 | Влияние пыльных цилиндров на воздушные потоки и параметры процесса в зоне очистки | 138 |
| 5 4 | Экспериментальное исследование колосников в условиях хлопкозавода | 145 |
| 5 5 | Расчет формы кромки колосника повышающей его очищающую способность | 147 |
| 5 6 | Влияние колосниковой решетки на вынужденные колебания прядки волокон | 149 |
| 5 7 | Влияние материала колосников на величину удаляемых сорных примесей | 150 |
| 5 8 | Контрольные вопросы | 152 |

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

153

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях перехода к рыночным отношениям для развития техники и технологии первичной обработки хлопка, первостепенное значение приобретают вопросы, связанные со снижением производственных затрат на выработку продукции, повышением ее качества и конкурентоспособности на мировом рынке [1]. Дифференциация ценовой стоимости качества выпускаемой продукции, установленная стандартом государства Узбекистан в 1993 году, повысила требования к содержанию сора и пороков в волокне, вследствие чего проблема в эффективной технологии очистки волокнистого материала актуальна. Регламентированный технологический процесс первичной обработки хлопка [2] предусматривает комплекс очистительного оборудования, обеспечивающего в заданных нормах выход продукта на хлопкозаводах. Однако, рост цен на оборудование, энергоносители и комплектующие изделия на современном этапе, делают поточные линии очистки, практически, недоступными потребителю, а значительный парк малоэффективного оборудования в технологическом процессе, в конечном итоге, приводит к усиленному механическому воздействию рабочих органов на хлопок и, как следствие, ухудшает его физико-механические характеристики и ведет к образованию пороков в волокне и повреждению семян. В хлопкосеющих регионах СНГ культивируются трудноочищаемые разновидности хлопчатника, дающие, как правило, высокий класс волокна. В связи с чем, для достижения нормативных показателей продукции в технологическую цепочку включается дополнительное очистительное оборудование, что ведет к неоправданному росту мощностей и удорожанию выпускаемого товара. В данных условиях оптимальное решение проблемы - разработка высокоэффективной технологии и оборудования, ценовая стоимость которого будет компенсирована достигаемым эффектом. С этих позиций целесообразно разрабатывать средства очистки, которые, при равных затратах, по сравнению с существующими, имели бы основные технологические показатели значительно выше. Исходя из этой концепции, решаться частные задачи по совершенствованию техники и технологии очистки должны к линейно-поточной технологии, осуществляемой на последовательном комплексе машин, созданном на базе основной машины - джина. Такая технология исключает вспомогательное оборудование, транспортные средства, что обусловит минимизацию силового воздействия рабочих органов на волокнистый материал. Вместе с тем технические средства для такой технологии должны быть высокоэффективными, достаточно надежными при эксплуатации и содержать элементы гибкого регулирования параметров процесса в зависимости от исходных характеристик перерабатываемого сырья. В линейно-поточной технологии переработки хлопка для

6

выполнения операций несколько сокращается количество питающих систем, так как технологическое оборудование, по ходу процесса, повышает равномерность хлопкового потока, однако, ее обеспечение в изначальной фазе очистки является значительным резервом эффективности работы поточной линии очистки в целом. Что касается основной машины поточной линии - джины, стабильность ее работы во многом определяется равномерностью питания хлопком рабочей камеры джина, где роль питателя чрезвычайно высока. Поэтому возникает необходимость в разработке питающих систем с целенаправленным функциональным действием в зависимости от места установки в технологическом процессе. Изменение характера засоренности сырья с учетом современных требований определило стратегию исследований, заключающуюся в раскрытии внутренних связей, сложных, многофакторных, процессов, изучения физических моделей с целью изыскания резервов по интенсификации очистки, и на их основе - создание новых эффективных систем питания, модулей и элементов очистки хлопка-сырца и волокна к поточной технологии переработки хлопка; при сохранении природного качества волокнистого материала.

Настоящее учебное пособие предназначено для магистрантов, аспирантов и соискателей, занимающихся разработкой научно-обоснованной, современной технологии и оборудования на основе раскрытия внутренних связей и механизмов в сложных многофакторных процессах, изучением физических моделей при создании питающих систем, модулей и элементов очистки хлопка-сырца и волокна.

Основой для написания учебного пособия послужили монографии и курсы лекций, читаемые авторами в Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности, научно-исследовательские работы ОАО "Paxta tozalash ICHB" и совместные разработки с ОАО «Пахта джин КБ». Главы 1-4 учебного пособия написаны д.т.н., проф. А.Е. Лугачевым, глава 5 написана д.т.н., проф. Х.К. Турсуновым.

Глава I СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПИТАЮЩИХ СИСТЕМ В ФОРМИРОВАНИИ РАВНОТЫ ХЛОПКОВОГО ПОТОКА К ЛИНЕЙНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНО- ЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА-СЫРЦА

Питающие системы в линейно-поточной технологии переработки хлопка-сырца - основное звено, призванное обеспечить равномерный и непрерывный хлопковый поток, формируемый питателем на линии переработки, во многом определяют эффективность работы всего комплекса оборудования. В этом направлении проведены ряд работ, однако, на современном этапе является актуальным обеспечение равномерности хлопкового потока

питателем с целенаправленным функциональным действием в зависимости от места установки в поточной линии переработки хлопка. Многочисленные исследования в области питающих систем были проведены в области обеспечения равномерности подачи хлопко-сырца путем направленного изменения физико-механических свойств материала [7,13], где за счет установки дополнительной пары рыхлительных валиков образована зона рыхления и разукрупнения продукта, а в работе [9] эта зона была значительно усилена путем организации пересекающихся траекторий подающей и рыхлительных пар. Как показали исследования, дополнительное рыхление и снижение коэффициента структуры материала в питателях-очистителях крупного сора - значительный резерв в повышении технологических параметров устройства. Вместе с тем было замечено, что на эффективность работы питающей системы влияет работа всех элементов питателя хлопка, что в совокупности, образует суммарный положительный эффект. Одностороннее решение проблемы, без глубокого исследования процессов в элементах питателя, и их влияния на показатели питающей системы, привело к значительному усложнению питателя, и как следствие, снижению его надежности. Ряд исследований комплексных характеристик питающих систем (степень разукрупнения, ровноты формируемого потока и т.п.) направлен на изучение отдельных параметров питателя, что неадекватно отражает объективную картину многофакторной системы питания. На наш взгляд, к питающей системе необходимо подходить с позиций прямого служебного назначения в зависимости от места установки в технологическом процессе, в котором питатель, установленный перед основной машиной в поточной линии джина, должен обеспечить бесперебойную и равномерную подачу хлопка в рабочую камеру джина, функции же очистки и разрыхления хлопковых масс должны рассматриваться как попутная операция, а ее недостаточность может быть компенсирована на участке очистки хлопка в технологическом процессе. Вследствие этого, необходимо изыскивать технические решения, которые будут исходить из прямого служебного назначения, обуславливающие параметры питающей системы.

11 ПЕРЕПОДГОТОВКА ХЛОПКА-СЫРЦА К ФОРМИРОВАНИЮ ХЛОПКОВОГО ПОТОКА В ПИТАТЕЛЕ

Исходная неровнота формируемого хлопкового потока определяется неравномерностью подачи в технологический процесс материала из шахты питающими валками. Таким образом, рассматривая процессы, сопутствующие организации хлопкового потока в поточной линии переработки, необходимо выделить два круга вопросов, связанных с организацией выдачи хлопка-сырца из шахты к разрыхлительным органам питателя, а также достаточной степени разрыхления хлопковых масс и выравнивания хлопкового

потока по координатам его перемещения. Качественная работа питателя предопределяет эффективное ведение процесса дженирования и является значительным резервом в повышении технологических параметров - джины. В связи с этим рассмотрим явления, связанные с заполнением шахты питателя хлопком-сырцом. Колебания уровня засыпки шахты хлопком отражаются на колебании плотности его нижних слоев, а следовательно, и на колебании выдачи хлопка из шахты питающими валиками. Изменение же плотности нижних слоев хлопка-сырца в шахте обуславливается их сжатием под действием сил тяжести вышележащих слоев. Известны зависимости плотности волокнистых материалов [3] при одноосном сжатии под действием силы P

$$\begin{aligned} \rho_x &= m\rho^n \\ \rho_x &= \rho_0 + k\rho \end{aligned} \quad (11)$$

где ρ_0 - плотность материала в насыпном, неуплотненном состоянии, m, n, k - константы, зависящие от вида волокнистого материала и его влажности. Однако, лучше описывает применительно к хлопку-сырцу, поведение материала при одноосном сжатии следующая зависимость [48]

$$\rho_x = \rho_0 + m\rho^n \quad (12)$$

Анализ ее с учетом физики процесса сжатия хлопка-сырца показывает, что при достаточно высоких значениях усилия сжатия (P), развиваемого внешней нагрузкой или силой тяжести самого материала, плотность его нижних слоев с изменением усилия сжатия изменяется незначительно. Отсюда следует, что для уменьшения колебания в выдаче количества хлопка из шахты питающими валиками необходимо применять шахты большей высоты. Поэтому возникает вопрос, насколько реализуемо такое предложение, так как с увеличением высоты шахты и повышением уровня ее засыпки в большей степени будет проявляться отрицательное действие сил трения материала о стенки шахты, препятствующих сходу материала из шахты, что, из-за различных случайных причин, может внести существенную неопределенность в данный исход. В связи с этим рассмотрим некоторые положения, связанные с засыпкой шахты хлопком и его схода из нее. Рассмотрим результаты экспериментальных исследований, связанных с изучением соотношения сил трения и силой тяжести масс хлопка в шахте в зависимости от степени ее заполнения материалом (рис 1). Экспериментальные исследования провели на специальной шахте, оснащенной силоизмерительными средствами с поперечным сечением $\xi=0,38 \cdot 1,9\text{м.}$, предназначенными фиксировать проявление сил тяжести масс хлопка, помещенных в шахту-накопитель. Опыты по оценке сил трения хлопка о стенки шахты и ряда других параметров

проводили на хлопке-сырце разновидности Наманган-77, 1 сорта 2 класса, $W=8,5\%$, прошедшего весь цикл обработки до питателя джина, результаты приведены в табл. 11

Касаясь средней плотности хлопка-сырца в шахте от высоты ее загрузки, установлено, что характер ее изменения остается таким же, как при одноосном сжатии под действием внешней силы тяжести масс материала, загруженных в шахту. Средняя плотность хлопка в шахте может служить лишь для решения задач, связанных с определением вместимости шахты. Для решения задач по выдаче хлопка-сырца из шахты, необходимо знать и плотность нижних слоев материала, непосредственно, перед питающими валиками. Весьма важна оценка значимости сил трения, препятствующих сходу хлопка-сырца из шахты. В опытах силу трения масс хлопка, загруженных в шахту на ее стенки, определили как разность сил тяжести этих масс и сил давления, воспринимающих их нижней плитой силоизмерительного устройства. Как видно, приращение ординаты P с увеличением загрузки шахты уменьшается, что свидетельствует о более резком возрастании силы трения масс хлопка о стенки шахты (рис. 1). При дальнейшем увеличении загруженности шахты материалом за пределы кривой P^1 , кривые P и F в пределе достигают своих асимптот. Данное положение, определяемое равенством этих сил, где когда силы трения уравнивают силы, обеспечивающие сход хлопка-сырца из шахты, характеризует полную неопределенность, при которой возможны различные случаи. В частности, при образовании значительной плотности материала в шахте, возможно зависание загруженной массы хлопка в шахте и прекращение выдачи его питающими валиками.

При недостаточной плотности масс хлопка, возможно отслоение хлопковых масс и их вывода питающими валиками. В этом случае при меньшей интенсивности подачи материала в шахту (сравнительно с выдачей), оставшаяся в шахте масса будет менее критической и беспрепятственный сход хлопка будет продолжаться. Таким образом, подобная неопределенность будет сильно влиять на неровноту выдачи материала из шахты, и эта неопределенность будет сказываться задолго до достижения критического уровня засыпки шахты. Проявление сил трения, особенно вблизи критического уровня засыпки шахты, сказывается на неровноте выдачи материала и препятствует реализации на практике применения шахт увеличенной высоты. Обращаясь еще раз к силе трения масс хлопка о стенки шахты, следует отметить, что она обусловлена боковыми давлениями, возникаемыми в результате того, что хлопковая масса в какой-то мере уподобляется жидкости.

Давления на внешние элементы можно оценить коэффициентом бокового давления (K). Степень приближения свойств хлопка по передаче, применительно к хлопку, рассмотрена в работах [48, 49]. В них рассматриваются явления при значительных

внешних нагрузках, приложенных к исследуемым массам хлопка. Нами изучалось поведение материала

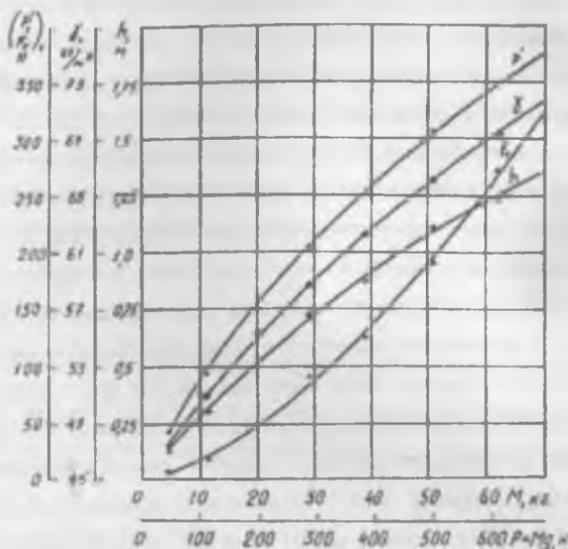


Рис 1. Зависимости p' , γ , h , F_T от массы хлопка-сырца (M) в шахте. γ - средняя плотность хлопка-сырца в шахте, P' - величина давления масс хлопка на основание, g - ускорение свободного падения, P - сила тяжести массы хлопка-сырца, F_T - сила трения, препятствующая сходу хлопка-сырца из шахты, h - высота засыпки шахты хлопком

в шахте под собственным весом, т.е. при незначительной нагрузке указанные выше работы не дают ответа, и в этой связи затронут вопрос об определении коэффициента бокового давления. Данные табл. 1, позволяют расчетным путем определить искомый коэффициент как отношение величин удельного давления на боковые стенки и основание шахты. Для определения боковых давлений предварительно определили коэффициент трения хлопка-сырца о стенки камеры способом "наклонной" поверхности. Опытами установлено, что он колебался в пределах $0,22 \div 0,28$ (средняя $\mu = 0,25$).

Согласно сказанному выше следует $K = \frac{P_s}{P_d}$ (1.3) где, P_s и P_d - соответственно, удельное давление на стенки и дно шахты-накопителя, P определяется из соотношения

$$F_T = P_s \cdot S_c \cdot \mu \quad (1.4)$$

$$P_c = \frac{F_T}{S_c * \mu}$$

(15)

Таблица 11

| Масса хлопка | Сила тяжести | Осадка плиты | Давлен масс х/с | Сила трения | Высота засыпки | Средняя плотность х/с | Номер опыта |
|--------------|--------------|--------------|-----------------|-------------|----------------|-----------------------|-------------|
| т, кг | р н | мм | р н | Н | М | кг/м ³ | |
| 4.5 | 44.1 | 0.32 | 40.18 | 3.92 | 0.133 | 47.0 | 1 |
| 11.1 | 108.78 | 0.77 | 92.12 | 16.65 | 0.63 | 50.43 | 2 |
| 20.2 | 197.96 | 1.25 | 148.96 | 49.0 | 0.508 | 55.22 | 3 |
| 29.4 | 288.12 | 1.68 | 197.96 | 90.15 | 0.702 | 58.17 | 4 |
| 38.8 | 380.24 | 2.2 | 254.0 | 122.44 | 0.87 | 61.9 | 5 |
| 51.0 | 499.8 | 2.51 | 303.0 | 196.8 | 1.08 | 65.6 | 6 |
| 62.0 | 607.6 | 2.89 | 399.1 | 268.5 | 1.24 | 69.64 | 7 |

где: F_T - сила трения массы хлопка о стенки шахты, S_c - площадь поверхности стенок шахты, контактирующая с хлопком-сырцом $P_c = \frac{P}{S_c}$ (16), где P - общая нагрузка, воспринимаемая дном шахты, S_b - площадь основания шахты. Подставляя (14) в (15), получим

$$K = \frac{F_T * S_b}{P_c * S_c * \mu} \quad (17)$$

Или, преобразуя (17), имеем

$$K = \frac{F_T * S_b}{P_c * \Pi * h * \mu} \quad (18)$$

где Π - периметр поперечного сечения шахты. Оценим значение коэффициента "K" для следующего ряда загрузки экспериментальной шахты хлопком-сырцом при $M=11.1$ и т.д., высоте загрузки, согласно табл. 11 $H = 2 * (b+1) = 2 * (0.38 + 1.9) = 4.56$ м

$S_b = 0.38 * 1.9 = 0.72$ м², тогда (17) при $\mu = 0.25$ примет вид

$$K = 0.333 * \frac{F_T}{P_c * h} \quad (19)$$

Для массы $M=111$ и $F=1665$, $P=92.12$ и $h=0.63$, значение $K=0.199$. Аналогично вычислим для остальных значения массы хлопка. Анализ данных показал, что принимать следует среднее значение равным $K=0.2$. Таким образом, результаты исследований, по заполнению шахты хлопком, позволяют прогнозировать и явления, связанные с выдачей материала из шахты.

1.2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕРОВНОТЫ ВЫДАЧИ ХЛОПКА-СЫРЦА ИЗ ШАХТЫ ПРИ ЕЕ РАЗРУЗКЕ

Базируясь на исследованиях, связанных с заполнением материалом шахты питателя, можно прогнозировать особенности работы питающих валиков по выдаче хлопка-сырца из шахты питателя. Изучая изменение плотности хлопка в шахте питателя перед питающими валиками, в зависимости от высоты ее заполнения на основе зависимости [2], связывающей плотность хлопка с величиной усилия при одноосном сжатии приходим к выводу о целесообразности применения шахт увеличенной высоты. Действительно, при большей высоте заполнения шахты хлопком-сырцом и значительной степени колебания верхнего уровня ее засыпки материалом, в нижних слоях ожидается снижение колебания плотности материала, а следовательно, и повышение равномерности питания системы. Однако с этим можно согласиться лишь, когда боковые силы трения хлопковых масс о стенки шахты незначительны. С увеличением уровня засыпки шахты, силы трения возрастают и при достижении предельного уровня высоты загрузки достигают значений, эквивалентных силе тяжести слоя. Тогда возникает полная неопределенность в выдаче материала из шахты питающими валиками из-за возможного зависания в ней хлопка и его сводообразования. Как видно, в процессе выдачи материала из шахты, проявляются две взаимоисключающие тенденции: с одной стороны, с увеличением уровня засыпки шахты создаются условия, обеспечивающие сравнительную неизменность его плотности перед питающими валиками при заметном колебании уровня засыпки, с другой - вследствие отрицательного проявления сил бокового трения, с увеличением этого уровня, создается неопределенность в выдаче материала из шахты и значительная неровнота выдаваемых масс питающими валиками. Степень влияния этих двух взаимоисключающих факторов на неровноту выдачи хлопка из шахты можно определить экспериментальным путем. С этой целью провели эксперименты на шахте, описанной в предыдущем разделе, в нижней части которой смонтирована пара шестилопастных питающих валиков (параметры питателя ПД). Высота шахты увеличена на 0,5 м с принятием мер, исключающих уступы во внутренней ее полости. Основным экспериментом по оценке неровноты выдачи хлопка питающими валиками

за каждый оборот проводился при различной вариации поддержания постоянной величины загрузки шахты (рис 2)

Анализ результатов экспериментов показывает, что с увеличением загрузки шахты до определенного предела уменьшался коэффициент вариации (G) и возрастало количество выдаваемых масс хлопка за каждый оборот питающих валиков. При дальнейшем увеличении загрузки шахты коэффициент вариации повышался, а прирост выдаваемых масс хлопка прекращался. Полученный коэффициент вариации, который изменялся от 4,81 до 9,41, можно рассматривать как внешний коэффициент вариации, характеризующий неровноту выдачи материала между отдельными оборотами питающих валиков, в то время выдачу материала внутри оборота этих валиков можно характеризовать внутренним коэффициентом вариации, для определения которого проводилась количественная оценка отдельных комковых сгущений хлопка, выдаваемых питающими валиками. Опыты показали, что комковые сгущения из-под питающих валиков колебались от несколько грамм до одного килограмма. По количественной оценке, коэффициент внутренней неровноты выдачи хлопковых масс достигал 48 - 59%. Общая же неровнота, определяемая квадратичным сложением, составляла около 60%. Следовательно, для повышения ровноты выдачи материала из шахты в зону рыхления питателя необходимо находить решения по снижению внешней и внутренней неровноты подачи. Для сравнительной оценки равномерности выгрузки материала из шахты, по данным рис 2, следует, что колебание загруженности шахты не должно выходить за пределы 40-70кг, чему соответствует колебание высот 0,88-1,35м. При этих колебаниях загрузки коэффициент вариации, определяющий внешнюю неровноту, будет минимальным - в пределах 4,8-5,3. Для снижения внутренней неровноты следует отказаться от применения типовых шестиллопастных валиков и изыскивать более совершенную конструкцию. При этом может быть достигнуто снижение порционности при выдаче материала посредством выполнения питающих валиков из чередующихся по ширине секций со смещением лопастей на половину углового шага. Возвращаясь к оценке порционной неровноты с некоторой долей условности, принимаемой за высокочастотную, можно сказать, что, например, она отрицательно влияет не на процесс джинирования в поточной линии переработки, а на условия приема хлопка горловиной рабочей камеры джина.

Действительно, при слабой разравнивающей способности серийного питателя ПД, наблюдаются частые забои приемной горловины, влекущие за собой прекращение процесса джинирования. Если проявление высокочастотных колебаний отражается лишь на возможности образования забоя приемной горловины, то сравнительно низкочастотные

колебания уровня засыпки шахты, вызываемые всей совокупностью проявляющихся причин, приводят к нарушению режима джинирования. Такое джинирование

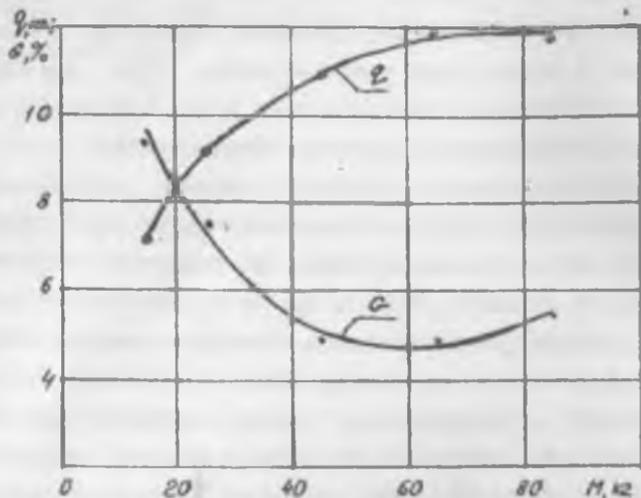


Рис 2 Зависимости параметров «G» и «q» от загрузки шахты «M»

M – величина загрузки шахты, кг, q – количество выгружаемого хлопка-сырца за один оборот питающих валиков (кг) при постоянном уровне заполнения шахты,

G – коэффициент вариации, %

сопряжено с повышенным порокообразованием вследствие роста плотности сырцового валика. Отсюда следует, что для поддержания оптимального уровня засыпки шахты хлопком перед батареей джинов следует устанавливать бункерную систему, рекомендованную в работе [18], а внутри батареи предусмотреть автоматическую систему распределения хлопка-сырца по шахтам. Практическая реализация предложений достаточно сложна и в связи с этим неровнота в выдаче хлопка из шахты должна быть уменьшена в самом питателе за счет усложнения его компоновки. Из предыдущих выше приведенных работ следует, что исключение или ослабление отрицательного проявления сил трения хлопка о стенки шахты даст перспективы в применении шахтных систем большей высоты, которые снизят неровноту выдачи хлопка из шахты и компенсируют колебания в выдаче материала к шахтам транспортной системы. Одним из путей решения такой задачи является придание протяженным стенкам шахты незначительного наклона. На практике,

такой способ применяется, однако, до сих пор, на основе теоретических выкладок, не произведена количественная оценка его параметров

1.3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ МАССЫ ХЛОПКА-СЫРЦА В ШАХТЕ-НАКОПИТЕЛЕ С НАКЛОННЫМИ СТЕНКАМИ

Колебания уровня засыпки шахты хлопком-сырцом отражаются на колебании плотности его нижних слоев, а следовательно, и на колебании выдачи материала из шахты питающими валиками. Из [56] следует, что при исключении сил трения с увеличением усилия сжатия «хлопкового столба», т.е. с увеличением высоты засыпки шахты, плотность нижних слоев хлопком-сырца будет незначительно изменяться даже при заметных колебаниях верхнего уровня заполнения шахты хлопком. При наклонных стенках шахты действия сил трения резко ослабляются. Рассмотрим для этого случая, процесс колебания плотности материала перед питающими валиками, обуславливающей колебание в неровной выдаче хлопком питающей системой. По данным рис. 3 следует

$$dP^I = g \cdot \varphi_x \cdot F \cdot K \cdot dh \quad (1.10)$$

где dP^I - элементарное давление на основание слоя масс хлопком над выделенным элементом, g - ускорение сил тяжести, φ_x - текущая плотность хлопком в шахте, F - площадь основания шахты; K - поправочный коэффициент, учитывающий уклон стенки, dh - выделенная элементарная высота шахты

Коэффициент "K", в свою очередь, является функцией засыпки шахты материалом. Этот коэффициент определяется отношением масс хлопком в шахте с наклонными стенками и масс хлопком в прямой шахте с тем же основанием. Учитывая, что длина шахты несоизмерима велика по отношению к её ширине, указанный коэффициент можно определить как отношение поперечного сечения, т.е.

$$K = \frac{[b + (b - 2h \cdot \operatorname{tg} \varphi)] \cdot h}{2bh} = 1 - \frac{h \cdot \operatorname{tg} \varphi}{b} \quad (1.11)$$

разделив почленно выражение (1.11) на b , и имея ввиду $\frac{dP^I}{F} = dP$, а также

учитывая значение коэффициента K , получим

$$dP = g \cdot \varphi_x \cdot \left(1 - \frac{h \cdot \operatorname{tg} \varphi}{b}\right) \cdot dh \quad (1.12)$$

Решая с учётом (1.12) и (1.11) окончательно получим [80]

$$\rho_1 - \rho_0 - \rho_0 \ln \rho_1 - \rho_0 \ln \rho_0 - \frac{gm^2 h}{2} - \frac{gm^2 h^2 \lg \varphi}{2b} = 0.$$

или

$$\rho_1 - \rho_0 \ln \rho_1 = \rho_0 (1 - \ln \rho_0) + \frac{gm^2}{2} \left(h - \frac{h^2 \lg \varphi}{b} \right) \quad (1.13)$$

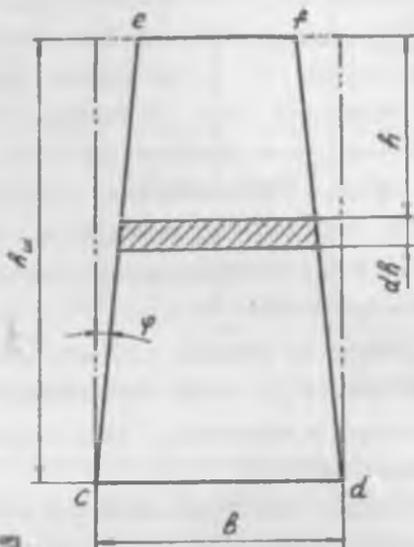


Рис 3. Схема к расчету осадки призмы хлопка-сырца под действием собственной силы тяжести

$h_{ш}$ – высота шахты, b – ширина шахты

Корни уравнения (1.13) определяются методом итерации с необходимой точностью. На основании вычислений по алгоритму (1.13) получена графическая зависимость колебания плотности от высоты засыпки шахты хлопком-сырцом.

Из рис 4 следует, что шахта большей высоты способствует повышению равномерности выдачи из нее материала, например, при шахте высотой $h=800$ мм, при колебании высоты $h=0 - 800$ мм, колебание плотности хлопковых масс у основания шахты составляет 1,5, из рис 4, следует, что при тех же пределах колебаний уровня заполнения, при шахтах большей высоты (1600 мм) изменение плотности хлопка у основания измениться лишь на 1,13.

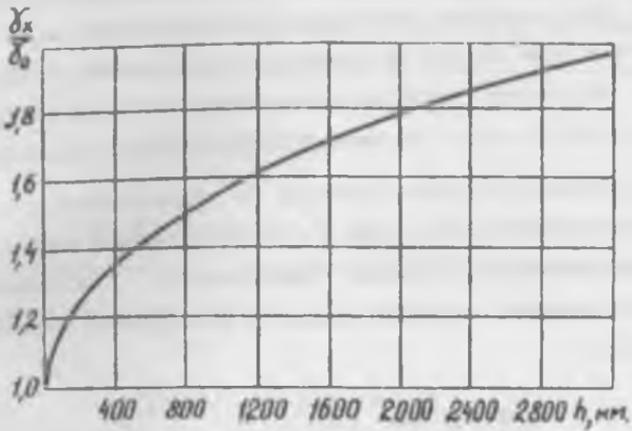


Рис 4 Отношение конечной и начальной плотности хлопка-сырца в зависимости от высоты заполнения шахты

1.4 ДИНАМИКА ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ХЛОПКОВОГО ПОТОКА ЛОПАСТНЫМИ ПИТАЮЩИМИ ВАЛИКАМИ

Мы установили зависимость неравномерности выдачи материала из питающей системы от уровня заполнения шахты накопителя хлопком. Неравномерность питания описана в работах [3, 4, 7, 8, 13]

Г. И. Мирошниченко, рассматривая процесс прохода хлопка-сырца между валиками, исходил из предположения о неразрывности хлопкового потока, что не соответствует реальной картине процесса, приведенной в работе [4]. В существующих питающих системах в нижней части шахты четко просматривался разрыв хлопковой массы, так как реализовался в уплотненной зоне выдачи материала эффект "зависания" материала. На основании изложенного выше возникла необходимость в разработке модели динамики процесса формирования хлопкового потока выпускной парой питающей системы с учетом реальной ситуации, складывающейся в нижней зоне питателя. Мы исследовали поэтапное формирование хлопковых масс выпускной парой питателя, где первый этап характеризует формирование хлопкового потока в нижней части шахты-накопителя лопастными питающими валиками с позиции потенциальной возможности захвата, второй этап - процесс втягивания сформированного слоя хлопka в межваличное пространство, третий этап - выпуск и разделение бородки материала из-под питающих валиков.

Бух. ТИП и ЛП
№ 43910

Последующее рассмотрение формирования потока питающей системой позволит установить динамику процесса выдачи хлопкового потока питателем. Первый этап формирования определяется двумя основными критериями разделением слоя хлопка в нижней части шахты-накопителя (при условии зависания) и захватывающей способностью питающих валиков. Для рассмотрения процесса составим схему питания (рис 5), где α - угол между лопастями питателя, φ - угол, определяющий координаты слоя от уровня горизонта. Длину дуги захвата питателем определится, согласно [3] можно считать не как угол α' , когда материал непрерывно втягивался в зазор, а с учетом разделения верхлежащих слоев, из-за зависания над питающими валиками. Захватывающая способность питателя устанавливается шириной хлопкового потока S , формируемого параметрами выпускной парой питателя, т.е.

$$S = R(1 - \cos \frac{\alpha}{2}), \quad (1.14)$$

вследствие чего длину дуги захвата с некоторыми допущениями можно принять

$$L_3 \approx S = R(1 - \cos \frac{\alpha}{2}). \quad (1.15)$$

Площадь контакта питающего валика определится разверткой в виде $S = bl$, где l - длина валика, b - ширина шахты. Рассматривая бесконечно малый элемент хлопка значение силы распора, согласно [3] будет иметь значение

$$dQ_p = g \cdot b \cdot \frac{L_3}{\Delta h} \cdot dh$$

и далее

$$Q_p = b \cdot \frac{L_3}{\Delta h} \int \frac{hk}{hH} g \, dh \quad (1.16)$$

Рассмотрим выражение (1.16) с точки зрения зависания хлопка в шахте при втягивании материала в зазор между питающими валиками. Здесь определенный интерес представляют краевые эффекты при формировании слоя хлопка, создающие предпосылки к сводообразованию в нижней части шахты (рис 6). Параметры пределов вносят коррективы в процесс питания, так как принятые допущения в работе [3], не будут соответствовать действительности, из-за проседания краевых элементов призмы хлопка, формируемой питателем. Рассмотрим схему (рис 7), где по краевым участкам, образованным питающими валиками и стенками шахты действуют силы T_1 - трения.

призмы хлопка о боковую стенку шахты, T_2 - трения между слоями основной и боковой призм хлопка, T_3 - сила трения хлопка по торцевым стенкам шахты. Объемные силы трения, развиваемые в краевых зонах шахты, уравновешивают призму хлопка. Составим условие равновесия системы

$$T_1 + T_2 - T_3 - P \geq 0 \quad (1.17)$$

где, T_1, T_2, T_3 - объемные силы трения, P - масса призмы хлопка

Значение членов в выражении (1.17) определим из работ [2, 13]. Решая, относительно ширины краевого слоя шахты, получим.

$$a \leq \frac{Bh_1^2(1 + \mu_{\text{ос}} * K_{\text{ос}}) * m * (f_1 + f)}{2[B(h_0 + h_1(1 + \mu_{\text{ос}} * K_{\text{ос}})) - h_1^2(1 + \mu_{\text{ос}} * K_{\text{ос}})] * f_1 * m} \quad (1.18)$$

Алгоритм определяет условие возможного прохода призмы хлопка при смене положения лопастей валиков в краевых зонах шахты. Например, для питающих систем, устанавливаемых на поточных линиях с параметрами $B=200\text{см}$, $h=80\text{см}$, $h_1=20\text{см}$, ширина призмы сходящего хлопка, при условии зависания, определится

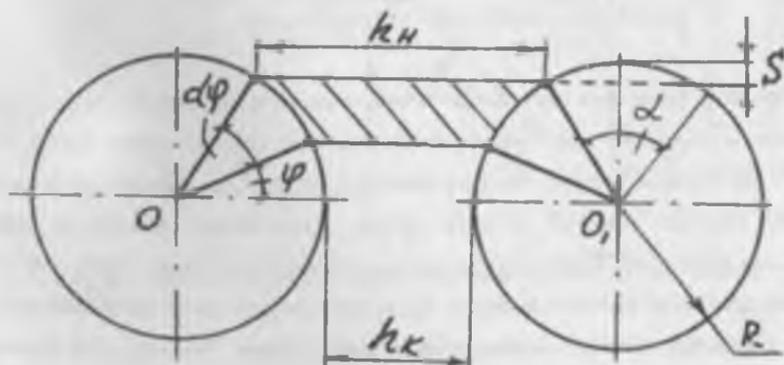


Рис. 5. Первый этап – формирование слоя хлопка сырья в нижней части шахты питающими валиками

h_n – начальная ширина захвата слоя хлопка-сырья,

h_k – конечная ширина захвата

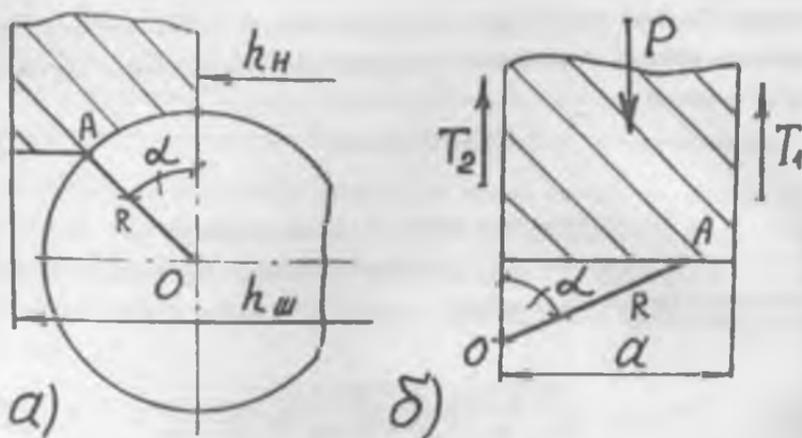


Рис 6

а – схема втягивания слоя хлопка по краевым элементам призмы

б – схема сил, действующих на краевых участках призмы хлопка

$$a \leq \frac{200 \cdot 80^2 \cdot 1,25 \cdot 0,18 \cdot (0,83 + 0,3)}{2[200 \cdot (20 + 80 \cdot 125) - 80^2 \cdot 1,25 \cdot 0,3 \cdot 0,18]} \leq 6,9 \text{ см}$$

В существующих питающих системах $a = 70$ мм, дополнительный зазор между валиками и стенкой шахты составляет $b = 5 + 10$ мм, вследствие чего ширина призмы хлопка в краевой зоне будет значительно больше, чем по условию (18), т.е. здесь будет происходить сход хлопка до подхода смежной лопасти валика Киносъемка процесса в работе [4] подтверждает факт схода хлопка при не довороте лопасти валика на угол $\alpha = 30^\circ$. Поэтому увеличение производительности питателя будет происходить прямо пропорционально числу оборотов питающих валиков в случае выполнения условия $V_x \leq V_n$. При невыполнении этого условия скорость схода слоев хлопка в шахте определяется силами трения и сходящей массой призмы хлопка. Вследствие чего шахты с расширяющимися основаниями способствуют значительному снижению удерживающих сил и обеспечат высокую динамичность нижних слоев хлопка, что расширит прогнозируемый диапазон регулирования производительности питающих систем. Сход краевых призм хлопка приведет к дополнительному уплотнению слоя материала в межлопастном пространстве, и будет стимулировать образование "порога" зависания материала в

питающей системе. Рассмотрим предельные значения "порога" зависания при вытягивании слоя хлопка в зазор между питающими валиками

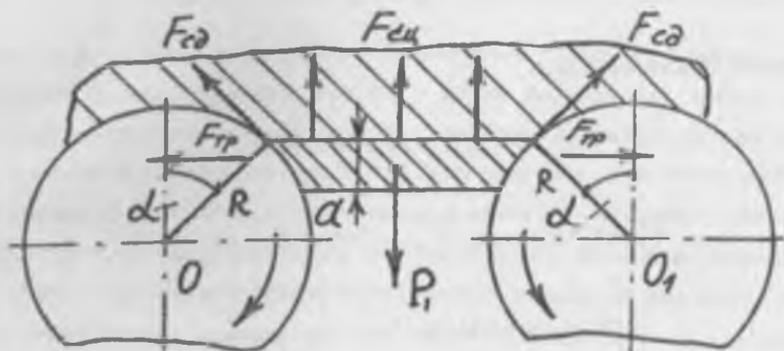


Рис. 7 Процесс вытягивания слоя хлопка в зазор между валиками

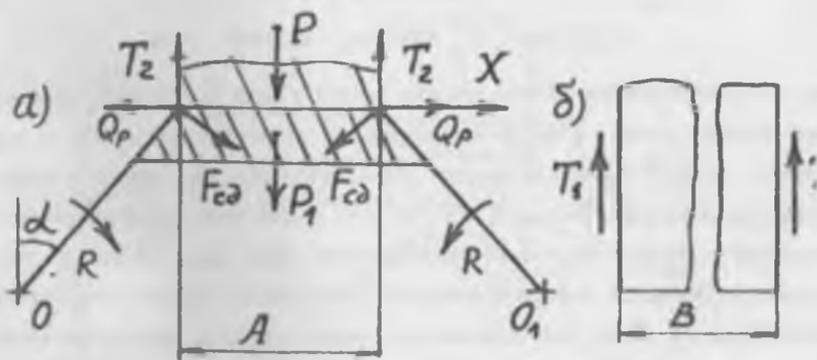


Рис 8

а - силы, вытягивающие призму хлопка лопастями валиков, б - вид в плане

Силы, действующие в этом случае, согласно рис 7 и 8 F_{cp} - сила трения, препятствующая сдвигу слоев на границе раздела, F_{cp1} - сила сцепления между слоями хлопка на пороге зависания, T_1 и T_2 - силы трения, удерживающая слой хлопка лопастями валиков. P_1 - вес хлопка, захваченного лопастями валиков. При формировании слоя хлопка питающими валиками в нижней части шахты, кроме рассмотренных сил на границе "порога" зависания развиваются, согласно рис 7, дополнительные силы

Составим уравнение движения слоя хлопка на пороге раздела слоев в зоне захвата питающими валиками (по оси Y):

$$T_1 + T_c - (P + P_1) + F_{ca} - F_{ca} \cdot \sin \alpha \geq 0 \quad (1.19)$$

Определим составляющие силы

$$T_1 = \mu \cdot P_6 \quad (P_6 = K \cdot P)$$

$$T_2 = B h_i^2 \cdot \rho_0 (1 + \mu_m \cdot K_v) \cdot \mu \cdot m \quad F_{ca} = (\mu + \mu_{ca}) \cdot P$$

$$P = \frac{AB \cdot \rho_0 [h_0 + h_i (1 + \mu_m \cdot K_v)]}{2} \quad F_{ca} = \mu_{ca} \cdot P \quad (1.20)$$

В окончательном виде выражение (1.20) имеет вид

$$A \geq \frac{B \cdot h_i^2 \cdot \mu \cdot m}{h_i^2 \cdot K \cdot \mu + \frac{B}{2} \left(\frac{h_0}{S} + h_i \right) (\mu_{ca} - \mu_m \sin \alpha - 1) \cdot a} \quad (1.21)$$

Определим ширину слоя хлопка, втягивающегося в зазор на "пороге" зависания, при условии раздела слоев в шахте-накопителе. В уравнении (1.21) угол α определяет положение лопастей питающих валиков при формировании потока материала в межвалочном пространстве. Очевидно, что угол $\alpha=0$ (лопасть в вертикальном положении) обуславливает крайнее положение формируемого слоя. Здесь начинают действовать одновременно процессы сжатия захваченного лопастями слоя хлопка и отделение его от основной призмы в шахте, что представляет определенный интерес, так как в этом случае в шахте начинает формироваться призма хлопка для прохода в межвалочное пространство, ширина которой обусловлена конструктивными параметрами питающих систем. Для питателей с параметрами $h_{01}=10$ см, $h_0=20$ см и $B=200$ см расчетное значение ширины слоя хлопка составит $A \geq 10.58$ см, при $\alpha=1$, (лопасти находятся в положении втягивания призмы хлопка в зазор). При положении лопастей $\alpha=0$, тогда ширина захвата $A \geq 23.25$ см. Отсюда следует, что при вертикальном положении лопастей сдвигающая сила направлена на уплотнение слоя и не участвует в процессе втягивания верхних слоев хлопка в зазор между валиками. Исследуем влияние изменения положения лопасти питающего валика на размеры "порога" зависания хлопка в шахте и на основании выражения (1.21) рассчитаем по всему диапазону угла поворота лопасти валиков, для чего составим расчетную табл. 1.2.

| α | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 |
|----------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| [] | 0.92 | 1.04 | 1.24 | 1.42 | 1.55 | 1.72 | 1.75 |
| A | 23.2 | 20.46 | 16.88 | 14.7 | 13.43 | 12.05 | 11.83 |

Действительно, условие формирования призмы слоя хлопка в питающих системах очистительной группы техпроцесса, где $00_1 = 24$ см, формирование призмы хлопка в межвалочном пространстве произойдет при вертикальном положении лопастей смежных валиков, а в питателях джинов она (при $00_1 = 20.5$) сформируется над валочном пространстве в шахте-накопителе. Киносъемка процесса захвата в работе [4] подтверждает правомерность полученного решения. На втором этапе рассмотрим процесс втягивания сформированной призмы хлопка в межвалочное пространство питающей системы. В этом случае, согласно рис. 9, на призму хлопка со стороны питающих валиков действуют силы Q_x - выдавливания призмы хлопка из зазора, T - втягивания призмы хлопка в зазор, P - масса призмы хлопка

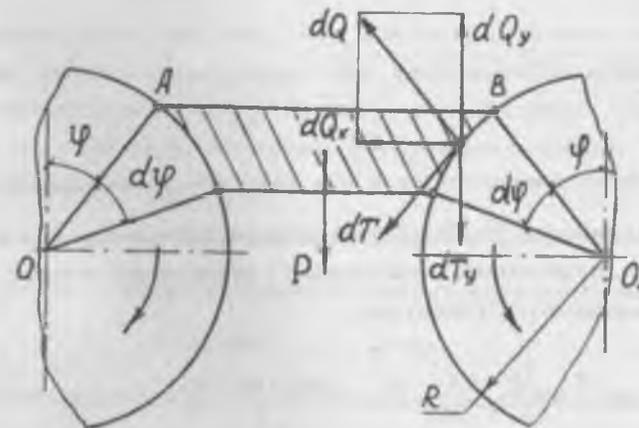


Рис. 9 Второй этап - втягивание сформированной призмы хлопка-сырца в межвалочное пространство

Рассмотрим основные силы, действующие на элементарный участок призмы хлопка, определяемый углом $d\varphi$ - поворота лопасти, составим систему уравнений сил, действующих в этой области [80]

первая группа сил

$$\begin{cases} 1) d\Theta = g \cdot L \cdot R \cdot d\varphi \\ 2) d\Theta\gamma = g \cdot L \cdot R \cdot d\varphi \cdot \sin \varphi \\ 3) d\Theta\chi = g \cdot L \cdot R \cdot d\varphi \cdot \cos \varphi \end{cases} \quad (1.22)$$

вторая группа сил

$$\begin{cases} dT = \mu g \cdot L \cdot d\varphi \\ dT_{\gamma} = \mu g \cdot L \cdot R \cdot d\varphi \cdot \cos \varphi \\ dT_{\chi} = \mu g \cdot L \cdot R \cdot d\varphi \cdot \sin \varphi \end{cases} \quad (1.23)$$

где, g - интенсивность нагрузки, T - сила препятствующая вытягиванию хлопка в зазор, $d\Theta$ - сила, сжимающая призму хлопка, dT_{γ} - сила, вытягивающая хлопок в зазор, dT_{χ} - сила сжимающая призму хлопка. Для вытягивания призмы хлопка в зазор, сформированной в межваличном пространстве, необходимо соблюсти условие

$$d\Theta_{\gamma} \leq dT_{\gamma} + \frac{dT_{\chi}}{2} \quad (1.24)$$

Решая выражение (1.24) относительно коэффициента трения хлопков лопастями валиков получим [80]

$$\mu \geq \frac{\sqrt{4R^2 - (OO_1 - h_0)^2} - \sqrt{4R^2 - (OO_1 - h_k)^2}}{(h_0 - h_k)} \cdot \frac{(h_0 + h_k) \cdot m^2}{4 \cdot 10^{-11}} \quad (1.25)$$

где, OO_1 - межвалтовое расстояние, h_0 и h_k - начальная и конечная ширина слоя хлопков

Исследуем уравнение (1.25) для питателей джина, в котором согласно приведенным выше исследованиям, процесс захвата хлопков совпадает с линией центров питающей системы в этом случае выражение (1.25) примет вид

$$\mu \geq \frac{2R - \sqrt{4R^2 - (OO_1 - h_k)^2}}{(OO_1 - h_k)} \cdot \frac{(OO_1 + h_k) \cdot m^2}{4 \cdot 10^{-11}} \quad (1.26)$$

Основываясь на результатах исследований [13] для шестилонастной системы питателей ширина слоя хлопков составит $H=10$ мм, T - стягивающая хорда, на существующих системах питателей с параметрами $H=70$ мм и $OO_1=205$ мм, $h_0=135$ мм, коэффициент трения равен

$$\mu \geq \frac{140 - \sqrt{4 \cdot 70^2 - (205 - 135)^2}}{70} \cdot \frac{340 \cdot 11^{1.1} \cdot 10^{-11}}{4 \cdot 80^{2.3}} = 0.252$$

В существующих конструкциях питателей коэффициент трения хлопков по стали равен 0.1 поэтому процесс должен проходить стабильно, без проскальзывания лопастей валиков по

хлопку, что хорошо согласуется с практическими результатами. Анализируя выражение (1.26), можно сделать вывод о неизменном росте поля сил трения при увеличении дуги захвата питающими валиками призмы хлопка-сырца при вытягивании ее в зазор, в противном случае возникнет ситуация нарушения техпроцесса, из-за проскальзывания материала по лопастям питающего валика. На третьем этапе, - формирования хлопкового потока - происходит выдача, захваченной лопастями, призмы хлопка в зону рыхления. На этом этапе определяющим ровноту хлопкового потока, значимым критерием становится удерживающая способность питателем частиц хлопка при воздействии на материал гарнитуры рыхлительного органа. Рассмотрим схему процесса (рис 10), где сила T - сила трения, препятствующая сходу частиц хлопка, F - сила от действия гарнитуры рыхлительного барабана на призму хлопка. Наиболее вероятная зона срыва частиц хлопка с периферии призмы - радиальная плоскость, проходящая через линию центров OO_1 . Рассмотрим действие сил в этой области в момент разделения слоёв хлопка гарнитурой барабана, где условие удержания хлопка

$$dT \geq d(F + F_{\text{н}}) + dP \quad (1.27)$$

Составляющие силы в этой зоне F -сила сопротивления смещению слоёв хлопка, P -нормальное давления, равное весу хлопка. Согласно рис 10, рассмотрим действие элементарных сил на выделенный участок призмы хлопка, dT , dP и dF . Определим условие рыхления выходящей призмы хлопка-сырца гарнитурой приемного органа

$$dT \geq dP + dF, \quad (1.28)$$

для решения выражения (1.28) определимся с входящими членами. Из рис 10, имеем S_1 - дуга воздействия на материал со стороны рыхлительного органа и определим

$$S_1 = d\varphi_1(R+a) \quad \text{и} \quad S_2 = rd\varphi_2 \quad (1.29)$$

со стороны валика, в нашем случае $S_1 = S_2$ т.е. мы правомочны записать равенство

$$(R+a)d\varphi_1 = rd\varphi_2 \quad (1.30)$$

рассмотрим соотношение углов, из рис 10, имеем

$$d\varphi_1 = \frac{rd\varphi_2}{(R+a)}; \quad \sin\varphi_1 = \frac{\sin\varphi_2 \cdot r}{R} \quad (1.31)$$

Подставим полученные соотношения (1.31) и значения членов в выражение (1.29), проинтегрировав его, окончательно получим

$$\mu \geq \frac{OO_1 \cdot \zeta_1}{2g} - \left[\frac{(\mu + \mu_{\text{н}}) \cdot \zeta_2}{R} - \frac{\zeta_2}{4g} \right] \cdot r \frac{[\cos\varphi_{22} - \cos\varphi_{21}]}{[\sin\varphi_{22} - \sin\varphi_{21}]} \quad (1.32)$$

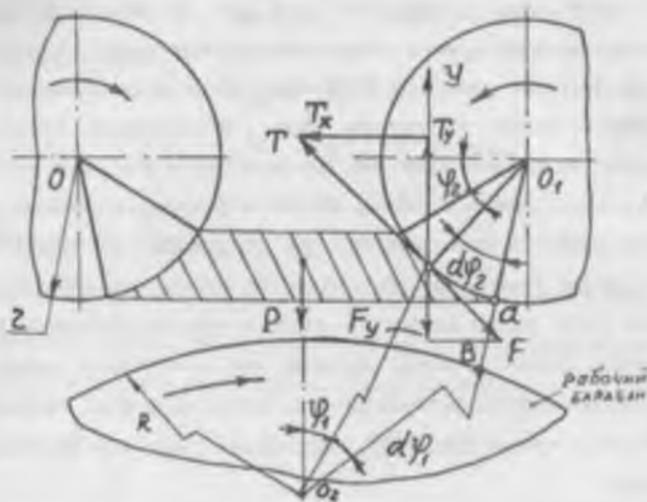


Рис 10 Третий этап - выдача, сформированной призмы хлопка из межваличного пространства, в рабочую зону очистки

Определим значения коэффициента трения поверхности валика μ_1 о хлопок, необходимого для осуществления степени рыхления бородки материала, обеспечивающего удержание призмы хлопка в межваличном пространстве, в функции угла поворота лопастей питающей пары. Рассчитаем для двух положений лопастей первое положение при $\varphi_{21}=0$ и $\varphi_{22}=60$, второе положение при $\varphi_{21}=30$ и $\varphi_{22}=90$. Значение коэффициента трения, требуемое для удержания призмы хлопка будет равно для первого положения $\mu^1=0,26$ и второго $\mu^2=0,683$. На основании полученных данных исследований можно сделать вывод, что динамика коэффициента трения, необходимого для удержания призмы хлопка в зазоре, растет при повороте лопастей питающих валиков, где для стабилизации процесса питания следует увеличивать коэффициент трения лопастей. Это определит значительный резерв в повышении эффективности процесса подготовки хлопка-сырца к переработке.

1.5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

По результатам исследований питающих систем в линейно-поточной технологии переработки хлопка-сырца, необходимо ответить на следующие вопросы

1. Основные технологические задачи, решаемые питающими системами для линейно-

поточной технологии переработки хлопка

2. Какими параметрами характеризуется исходная неровнота хлопкового потока выходящего из-под питателя?
3. Объясните внешний и внутренний коэффициент вариации неровноты питания в существующих питателях.
4. Привести расчетную схему осадки призмы хлопка-сырца в шахте-накопителе и модель процесса, дать анализ модели.
5. Привести схемы динамики процесса формирования хлопкового потока лопастными питающими валиками, и объяснить необходимые технологические условия для его осуществления.
6. Показать модели процесса по этапам формирования хлопкового потока питающими валиками, их особенности и технологические требования к каждому этапу.
7. Какие новые направления Вы знаете в разработке питающих систем с высокой ровнотой формируемого потока хлопка?

Глава 2 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ПИТАНИЯ И ПОПУТНОЙ ОЧИСТКИ ХЛОПКА-СЫРЦА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

В основу создания питателя должен быть принцип достаточности, отвечающим задачам минимизации воздействия рабочих органов на хлопок в процессе формирования хлопкового потока с заданными параметрами ровноты и производительности. Ранее, в применяемых многобарабанных питателях как в отечественной, так и зарубежной практике, передача хлопка-сырца из одной рыхлительной секции в другую должна последовательно улучшать показатель ровноты формируемого хлопкового потока, однако этот принцип реализуется не полностью в связи с принятой концепцией однонаправленности вращения рыхлительных барабанов, что ведет к образованию повторных сгущений комков хлопка в зоне переброски его с барабана на барабан, вследствие возникающего противотока в движении отдельных частиц хлопка-сырца (рис 11). Действительно, при угле (φ) всера разброса частицы хлопка по верхним траекториям, близким к φ_* , могут оседать на сетке, образуя повторные сгущения, в то время как частицы на нижней траектории транзитом переходят на гарнитуру смежного барабана. Рассмотрим координаты траекторий движения частиц хлопка в зоне переброски на смежных барабанах питателя в предельно крайних положениях, где возможна вероятность повторного возврата частиц хлопка в зону рыхления, либо выхода из процесса очистки.

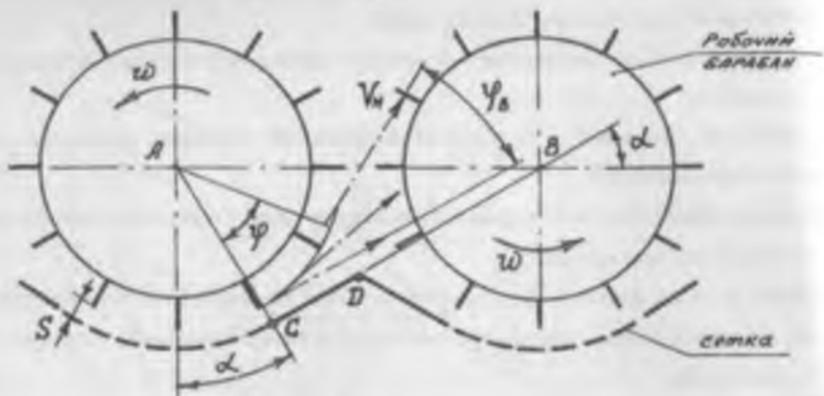


Рис 11 Схема транспортирования частиц хлопка-сырца по барабанам в очистителях мелкого сора

Согласно схеме (рис 12), где летучка хлопка сходит сколка барабана под углом α .

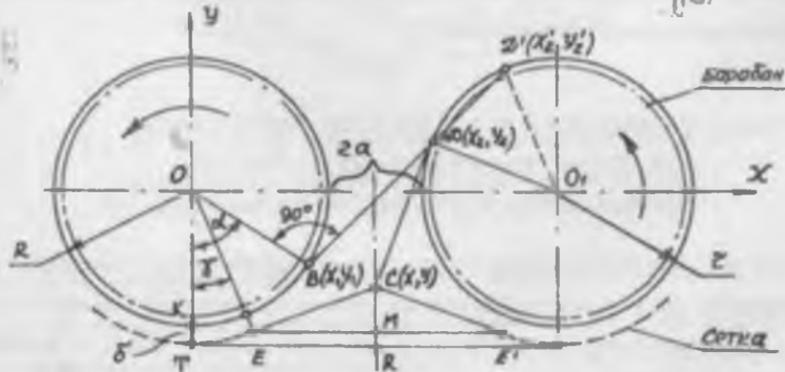


Рис 12 Схема для расчёта траектории схода частиц хлопка при транспортировании по барабанам модуля очистки

В точке Д частица хлопка, взаимодействуя с гарнитурой барабана, отражается и перемещается в зону рыхления между смежными барабанами. Как правило, нижняя часть пространства ограничена плоскостями, касательными к периферии контуров смежных сетчатых поверхностей под барабанами, где переход частицы хлопка с одной секции барабана на другую определяется ее координатой относительно точки пересечения плоскостей С (X, Y). Смещение координаты летучки левее точки С приведет к возврату ее и повторному силовому воздействию гарнитуры набрасывающего барабана на материал, что нарушает технологический режим процесса. Определимся с положением координат пограничной точки С. Рассмотрим уравнение прямой ДС

$$\frac{Y - Y_2}{Y_1 - Y_2} = \frac{X - X_2}{X_1 - X_2} \quad (2.1)$$

где X_1, Y_1 и X_2, Y_2 - координаты прямой ДС Точка С формируется в системе на пересечении двух касательных плоскостей и её координаты определяются $X_1' = (R+a)$, а координату Y_1' из рис. 12. где

$$Y_1' = CR = [(R+a) - (R+b)\sin\gamma] \cdot \operatorname{tg}\gamma + (R+b) \cdot (1 - \cos\gamma) \quad (2.2)$$

Тогда уравнение прямой ДС будет иметь вид

$$\frac{y - \left\{ \frac{(R - x_2 \sin\alpha)}{\cos\alpha} \right\}}{[(R+a) - (R+b)\sin\gamma] \cdot \operatorname{tg}\gamma + (R+b) \cdot (1 - \cos\gamma)} = \frac{X - X_1}{(R+a) - X_2'} \quad (2.3)$$

где значение X находится из уравнения (2.1) Определим значение координаты Y из уравнения (2.3)

$$Y \geq \frac{(X - X_2') \cdot (Y_1' - Y_2)}{(X_1' - X_2')} + Y_2 \quad (2.4)$$

Подставив значения ранее найденных параметров в (2.4), получим

$$Y \geq \frac{\left\{ X - \left[2\cos^2\alpha(R+a) + R\sin\alpha \right] - 2\cos\alpha \sqrt{\sin\alpha(R+a)} \cdot [R - (R+a)\sin\alpha] \right\}}{(R+a) - [2\cos^2\alpha(R+a) + R\sin\alpha] - 2\cos\alpha \sqrt{\sin\alpha(R+a)}} \cdot \left\{ [(R+a) - (R+b)\sin\gamma] \cdot \operatorname{tg}\gamma + (R+b)(1 - \cos\gamma) \right\} - \left\{ \frac{R}{\cos\alpha} - [2\cos^2\alpha(R+a) + R\sin\alpha] - \frac{2\cos\alpha \sqrt{\sin\alpha(R+a)}}{(R+a) - [2\cos^2\alpha(R+a) + R\sin\alpha] - 2\cos\alpha \sqrt{\sin\alpha(R+a)}} \cdot \left[\frac{R - \{2\cos^2\alpha(R+a) + R\sin\alpha\}}{\cos\alpha} - \frac{2\cos\alpha \sqrt{\sin\alpha(R+a)} \cdot [R - \sin\alpha(R+a)] \cdot \operatorname{tg}\alpha}{(R+a) - [2\cos^2\alpha(R+a) + R\sin\alpha] - 2\cos\alpha \sqrt{\sin\alpha(R+a)}} \right] \right\} \quad (2.5)$$

Определим положение точки С для существующей конструкции очистителей с параметрами $\gamma = 30^\circ$, $\delta = 15$ мм, $\alpha = 75^\circ$, $R = 200$ мм, $2a = 10$ мм (зазор между барабанами)

Решая (2.5) окончательно найдем значение Y

$$Y = -(122.49 X - 25195.5) \quad (2.6)$$

В очистителе серии IXK в составе поточных линий межцентровое расстояние $OO_1 = 410$ мм, откуда $X = 205$ мм Тогда координата (Y) точки С будет равна из (2.6)

$Y = 85.05$ мм Этот параметр определяет геометрическую координату точки С, когда частица хлопка при встрече с гарнитурой приемного органа будет гарантированно, трагитом переброшена в рабочую зону следующего, по ходу процесса, рыхлительного барабана. Формула (2.5) позволяет расчётным путем определить координаты направлятеля потока хлопка в рабочей зоне смежных барабанов с позиции трагитного перемещения материала в

системе. Например, для существующей схемы очистителя марки IXK, координата У = 75 мм, что несколько ниже расчетных значений, и, как показала практика, происходит повторный возврат материала в зону питания, что приводит к дополнительному "сгущению" хлопкового потока на направляющих, и как следствие, к ухудшению параметров технологического процесса. В то же время чрезмерное увеличение координаты С по оси У создает прецедент излишнего загромождения оперативного пространства в зоне "приема-передачи" хлопка-сырца по барабанам направляющими и будет лимитировать маневренность в транспортировании частиц хлопка по рабочей зоне очистителя, что в свою очередь, обусловит снижение технологической надежности системы. Эти недостатки могут быть устранены при транспортировании хлопка-сырца по барабанам, с исключением возможности противотоков в траекториях хлопковых частиц в зоне рыхления. Компромиссное решение задачи реализуется при прямоточно-попутной передаче хлопка-сырца по рыхлительным барабанам питателя, который и был принят за основу в исследованиях применительно к пыльному джину.

2.1 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПИТАТЕЛЯ К ПЫЛЬНОМУ ДЖИНУ

Развитие конструкций питателей к джинам предполагало создание многобарабанных питателей как в отечественной практике, так и за рубежом. Питатель ЗХАД отличался сложностью в конструктивном исполнении и пониженной надежностью в работе. За рубежом (США) создавались питатели с рядом колковых и пыльчатых барабанов, выполняющих по существу роль очистительных машин. Для поточной технологии необходимо разработать питатель, который должен быть многосекционным, но вместе с тем, простым и надежным в эксплуатации, обеспечивая равномерную подачу материала с заданным структурным составом продукта в рабочую камеру джина. Эти вопросы решаются в предложенной нами схеме питателя с попутной передачей материала с барабана на барабан. Ранее в питателях ЗХАД основные технологические параметры были лучше, чем в существующих ПД, однако и они имели однонаправленное вращение барабанов. Для эффективного функционирования питателя, создаваемого на основе прямоточно-попутного принципа передачи хлопка-сырца по барабанам, необходимо определить достаточность степени разукрупнения хлопковых масс и параметров ровноты формируемого хлопкового потока, величины сегмента воспроизводства частиц хлопка из-под набрасывающего барабана, значимость попутной очистки хлопка-сырца питателем и оценку влияния процесса на качественные и количественные показатели процесса джинирования. Под руководством проф. П.Н. Тютина аспирантом Т. Пхенгсаваном при участии автора, была разработана полнопрофильная схема питателя к пыльному джину. Использование попутного принципа

передачи материала по барабанам позволит значительно увеличить протяженность сетчатых поверхностей, что создает предпосылки для интенсификации процесса сорыва деления при сравнительно малом количестве используемых барабанов. По данным предварительного анализа работы секции, мы пришли к выводу о достаточности создания трехбарабанного питателя, однако приемлемое число барабанов будет установлено позже. Исследовалась степень разукрупнения исходного хлопка-сырца при подаче в рабочую камеру джина. Рассматривая процесс приема хлопка горловиной рабочей камеры, Тхипхавонгсай П [16] пришел к выводу о достаточности дифференциации частиц хлопка до сгущения, соответствующих массе одной коробочки хлопка. Результаты испытаний показали, что разукрупнение хлопковых масс, вплоть до одной летучки, практически не отражается на весьма слабых валиках, в то время как, по предварительным экспериментальным данным АО ОКБ по хлопкоочистке, проявляется тенденция к уменьшению производительности пыльного джина вследствие снижения объемной массы его сырьевого валика. На основании изложенного выше можно предположить, что питатель к пыльному джину должен создавать такие условия для процесса джинирования, которые бы обеспечивали безаварийную работу приемной горловины рабочей камеры джина и стабильный процесс джинирования. В основу питателя заложен принцип попутной передачи хлопка-сырца по барабанам, который обеспечивает транзитный проход материала в рабочем пространстве питателя. Надежность такого прохода будет зависеть от правильно выбранных форм и параметров приемного зева в каждой секции. Во-первых, этот зев должен иметь минимальное, но достаточное раскрытие для гарантированного приема хлопковых масс, где верхняя граница зева (стенки камеры) должна быть очерчена по кривой, близкой к траектории основного потока материала. Во-вторых, при раскрытом зеве часть хлопка-сырца не будет передаваться в последующую секцию, из-за отражения под большим углом хлопковых частиц о верхнюю стенку зева, которые начнут циркулировать по окружности набрасывающего рыхлительного барабана. Величина раскрытия зева должна соотносываться с веером расброса (φ_0) частиц хлопка при сходе их с рыхлительного барабана. Чем меньше сегмент веера расброса, тем рациональнее форма и параметры приемного зева. Угол веера расброса (φ_0) коррелирует с самосбросом хлопковых частиц с колков рыхлительного барабана и, практически, не зависит от скорости вращения барабанов (в пределах существующих границ скоростей). Он зависит в основном от диаметра барабана, коэффициента трения хлопка о колки и протяженности пути схода материала по колкам.

Основной показатель эффективности работы питателя - ровнота формируемого хлопкового потока, характеризующего степень разравнивания материала по ширине и направлению движения. Ее оценку проводили в сравнении с аналогичными показателями серийного питателя марки ПД. Ровноту хлопкового потока определяли по методике [13] где хлопок предварительно прошел весь цикл обработки по техпроцессу до джина, выгружался из питателя на транспортную ленту, скорость которой была близка к скорости сырьевого валика. Затем, после остановки ленты, ручным разбором, оценивалась масса отдельных хлопковых сгущений и их координатное положение. Длина участка ленты соответствовала протяженности периферии рабочей камеры джина (1500 мм). Показателем неровноты выбран коэффициент вариации по ширине хлопкового потока (Сш) и ходу его движения (Сд). Для получения таких характеристик на ленте выделили семь продольных полос и семь столбцов. Неровнота между полосами характеризовала неровноту потока по ширине, а между столбцами - по ходу его движения (в функции времени). Для определения этих показателей по всем полосам и столбцам определяли суммарное количество летучек (K_i) в одиночном, двоясном строенном и т.д. состоянии (соответственно N_1, N_2, N_7), т.е.

$$K_i = \sum N_i \cdot n_i, \quad M_i = K_i \cdot m_{cp} \quad (2.7)$$

где, n_i - соответствующее число хлопковых частиц с числом N_i в связке, K_i - суммарная масса летучек по отдельным полосам и столбцам, m_{cp} - средняя масса одной летучки ($m_{cp} = 0.14$ г). В соответствии с выражением (2.7), на первой строке имеем

$$K_1(N_1 \cdot n_1 + N_2 \cdot n_2 + N_7 \cdot n_7) \cdot m_{cp} = (1 \cdot 164 + 2 \cdot 6 + 3 \cdot 2 + 4 \cdot 1 + 6 \cdot 1) \cdot 0.14 = 26.88$$

Аналогично определяли искомые массы для других полос: $K_2 = 24.5$, $K_3 = 26.88$, $K_4 = 24.08$, $K_5 = 26.46$, $K_6 = 26.04$, $K_7 = 28.84$. Среднее значение $K_{cp} = 26.24$ г, тогда среднее квадратичное отклонение будет

$$G = \frac{\sum (K_i - K_{cp})^2}{(n-1)} \approx 1.6, \quad \text{коэффициент}$$

вариации $C_{ш} = \frac{G}{K_{cp}} \cdot 100 = \frac{1.6}{26.24} \cdot 100 = 6.09\%$. Далее определим коэффициент

вариации по направлению движения хлопкового потока (Сд), где $K_1 = 29.82$, $K_2 = 25.48$, $K_3 = 24.08$, $K_4 = 24.36$, $K_5 = 22.82$, $K_6 = 25.76$, $K_7 = 31.36$. Среднее значение $K_{cp} = 26.24$ г, а среднее квадратичное отклонение $G = 3.155$, коэффициент вариации $C_{д} = 12.02\%$. Численные значения Сш и Сд показывают высокий уровень формируемого потока хлопка питателем. Для сравнительной оценки провели аналогичные опыты на серийном питателе ПД и получили

соответственно коэффициента вариации по ширине $C_{ш}=24,1\%$ и ходу хлопкового потока $C_{д}=23,43\%$.

При сопоставлении полученных результатов, очевидно, что новый питатель обеспечивает высокую ровноту по координатам потока по сравнению с серийным вариантом ПД.

2.1.2 КИНЕТИКА СТРУКТУРЫ ХЛОПКА-СЫРЦА И ОЧИСТИТЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА ОТ КРАТНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ НА МАТЕРИАЛ

Степень разукрупнения хлопковых масс определяется условием функционального назначения устройства и места его установки в технологическом процессе. Процесс разукрупнения хлопка производится в основном на линии очистки в очистительных цехах, в то время как разделение частиц хлопка-сырца в питателе джина приводит к ухудшению качества продукции. Как указывалось выше, в питателях джина разукрупнение необходимо для формирования равномерного хлопкового потока перед подачей в рабочую камеру джина. Современный питатель должен содержать минимальный но достаточный набор рыхлительных барабанов, обеспечивающий выполнение технологических требований по основным параметрам процесса. Кинетика структурного состава хлопка-сырца позволяет провести объективную оценку эффективности исследуемых схем питателей, влияния числа барабанов на динамику разукрупнения хлопка и, как следствие, определить конструктивное оформление питателя. Для объективной оценки работы питателя целесообразно производить отбор проб хлопка перед питателем, т.е. материал должен пройти весь цикл обработки до джина. Однако такой подход не позволяет провести объективный анализ дифференцирующей способности питающей системы, которая в зависимости от места установки в техпроцессе выполняет различные функциональные задачи. В этой связи эксперименты проводили по двум вариантам: в первом исследовался хлопок (Наманган-77, I сорта, 2 класса, с $W=8\%$ и $Z=8,1\%$) не прошедший очистку в ОЦ; во втором - хлопок, прошедший весь цикл обработки до джина. Эксперименты, по первому варианту, позволили оценить кинетику структуры хлопка в исходном состоянии в зависимости от кратности пропуска через рыхлительные барабаны питателя. Полученные алгоритмы позволяют прогнозировать работу питателей-очистителей в технологической линии очистки. По второму варианту можно прогнозировать дифференциацию хлопкового потока питателя к джину. Использовали полнопрофильную стендовую установку и укороченный вариант питателя ПД. Масса исходной пробы составила $M=5\text{кг}$. В новом питателе число барабанов равно $N=3$ ($N_{\text{д}}=1$), поэтому количество пропусков для сравнения подбирали кратным трем. После каждой серии экспериментов отбирали среднюю пробу хлопка ($m=0,5\text{кг}$), по которой

оценивали кинетику структуры потока по известной методике [13] Результаты экспериментов приведены в табл. 2.1

Таблица 2.1

| Количество барабанов | Коэффициент структуры хлопка | |
|----------------------|------------------------------|----------------|
| | Питатель ПД | Новый питатель |
| Исходный хлопок | 2.83 | 3.57 |
| 1 | 2.24 | — |
| 3 | 1.95 | 2.41 |
| 6 | 1.74 | 2.21 |
| 12 | 1.54 | 2.02 |
| 18 | 1.42 | 1.86 |
| 24 | 1.36 | 1.78 |

Для иллюстрации кинетика структурного состава хлопка-сырца при многократном пропуске через питатели представлена в виде графиков (рис. 13, 14). Показано что коэффициент структуры (К) в обоих случаях остается приблизительно на одном уровне. Однако для оптимизации джинирования питателю следует обеспечить подачу материала в рабочую камеру джина равномерным слоем с заданным структурным составом материала. После пропуски через питатель ПД крупные структурные составляющие (от шести и более летучек в связи) сосредоточены в нижней части (рис. 13), в тоже время резко растет число одиночных летучек, что в итоге усредняет общий коэффициент структуры. В новом питателе (рис. 14) проявляется тенденция к увеличению числа частиц хлопка по 3 - 5 летучек в связи при пониженном количестве крупноструктурных частиц и одиночных летучек. Такая целенаправленная подготовка продукта способствует оптимизации процесса джинирования. Замечено, что увеличение числа пропусков хлопка через барабаны в некоторых случаях приводит к обратному эффекту - образованию крупных структур путем механического соединения частиц хлопка исходного продукта. Работа трехбарабанного питателя показала достаточность принятого числа барабанов - питатель выходил на требуемые технологические показатели [51].

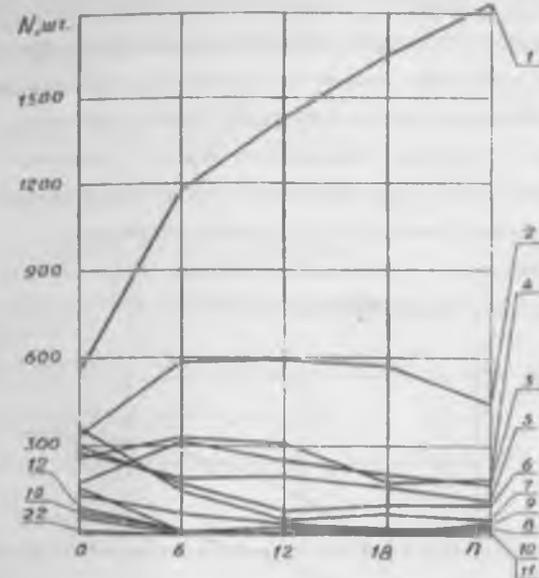


Рис. 13 Кинетика структуры хлопка-сырца при пропуске через питатель ПД 1,2,3 летучки в связи

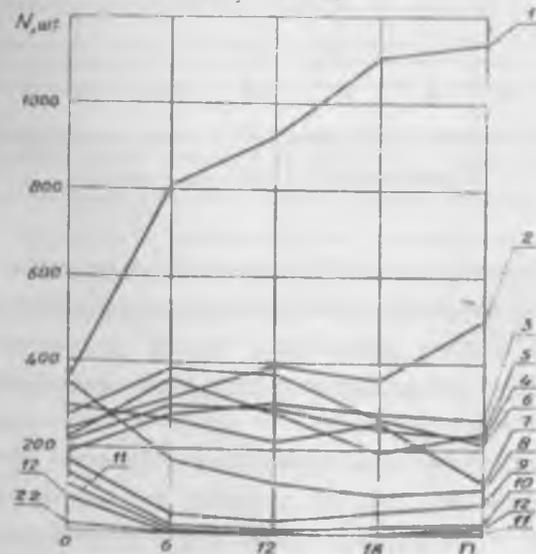


Рис. 14 Кинетика структуры хлопка-сырца при пропуске через новый питатель 1,2,3 летучки в связи

2.1.3 ОЦЕНКА ОЧИСТИТЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА В ИССЛЕДУЕМЫХ ПИТАТЕЛЯХ

Наряду с указанными выше показателями, провели оценку соровыводящей способности устройств на лабораторных модулях питателей. Опыты проводили на хлопке Наманган-77, I сорта, 2 класса. Результаты экспериментов (рис.15) показывают, что в новой схеме питателя с прямоточно-попутным принципом очистки очистительный эффект значительно выше, чем при обычной схеме при том же количестве барабанов.

Таким образом, по совокупности основных технологических параметров новый питатель превосходит существующий (марка ПД).

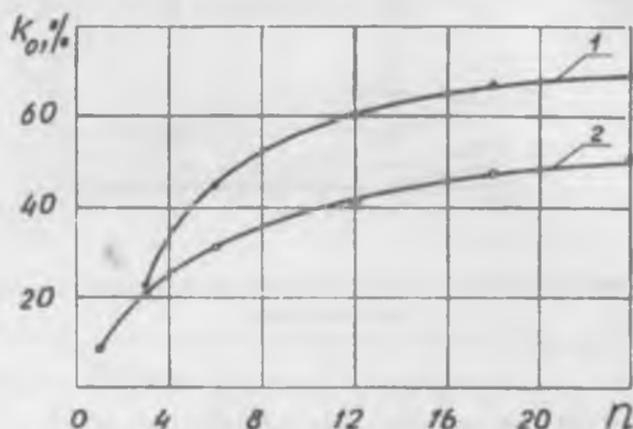


Рис. 15 Зависимость очистительного эффекта (K) от числа рыхлительных барабанов (n)

1 — новый питатель, 2 — питатель марки ПД

2.1.4 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЕРИЙНОГО И НОВОГО ПИТАТЕЛЕЙ ПО ОСНОВНЫМ ПАРАМЕТРАМ ДЖИНА И ИХ ОПТИМИЗАЦИЯ

Для оценки эффективности предлагаемого питателя исследования проводили с применением ПФЭ 2^n . За входные параметры приняты частота вращения питающих валиков (X_1), так как она определяет производительность устройства, частота вращения приемного барабана (X_2), определяющего степень подготовленности материала к основному процессу. На наш взгляд, выбор этих факторов достаточен для удовлетворительной оценки рассматриваемых систем. За выходные параметры приняты Y_1 — коэффициент разрыхления, Y_2 — очистительный эффект, Y_3 — сумма пороков и сорных примесей, Y_4 — масса сора, Y_5 — кожица с волокном, Y_6 — битые семена, Y_7 — улюк и жгутики. Уровень выходных параметров выбрали из условия работы существующих питателей: $X_1=9.85$ и $X_2=6.04$.

об/мин для X_2 – соответственно 400 и 300 об/мин. Опыты проводили на хлопке разновидности Наманган-1, I сорта, 2 класса, $W=9.5\%$ и $3=8\%$

Получили регрессионные уравнения

$$Y_1 = 16.86 - 1.77X_1 + 5.45X_2 - 0.75X_1X_2$$

$$Y_2 = 11.57 - 0.15X_1 + 0.35X_2 - 0.058X_1X_2$$

$$Y_3 = 3.17 + 0.022X_1 - 0.057X_2 - 0.0075X_1X_2$$

$$Y_4 = 0.76 + 0.0015X_1 - 0.013X_2 - 0.0085X_1X_2$$

$$Y_5 = 0.366 - 0.0015X_1 - 0.0025X_2 - 0.005X_1X_2$$

$$Y_6 = 0.37 + 0.0125X_1 - 0.0165X_2 + 0.011X_1X_2$$

$$Y_7 = 1.36 + 0.01X_1 - 0.025X_2 - 0.005X_1X_2$$

Анализ регрессионных уравнений показывает силу влияния факторов на разрыхленность материала, где с ростом абсолютных значений фактора (X_1) значительно снижается разрыхлительный эффект, в то время как при увеличении частоты вращения приемного барабана (X_2), разрыхлительный эффект возрастает. На остальные исследуемые выходные параметры значение факторов не оказывает достаточного влияния, вероятно, потому, что происходит нивелирование показателя из-за дальнейшего прохода продукта по колковым барабанам.

Оптимизацию регрессионных уравнений проводили по общепринятой программе ЭВМ IBM "Оптимизация функции переменных методом спирального координатного спуска". В результате оптимизации получили параметры частот вращения питающих валков $n=6.39$ об/мин и приемного барабана $n=340$ об/мин. Исследования питателя с оптимальными параметрами показали эффективность принятого решения. На основании этого предлагаем вариант питателя джина, которые могут успешно конкурировать с известными техническими решениями как в отечественной практике, так и за рубежом.

2.2 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните прямочный способ транспортирования хлопка-сырца по барабанам очистителя мелкого сора, его преимущества и недостатки.
2. Какие критерии оценки питателя к пильному джину?
3. Какие теоретические исследования проведены для изучения процесса транспортирования хлопка-сырца в питателе, изученные модели процесса?

- 4 Схемы наброса частиц хлопка на гарнитуру рабочего барабана, их преимущества и недостатки
- 5 Провести анализ полученных моделей процесса, выбор оптимальной технологии питания хлопка-сырца
- 6 Дать сравнительную оценку серийного и нового питателя по основным технологическим параметрам

Глава 3 ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЧИСТИТЕЛЕЙ ХЛОПКА-СЫРЦА ОТ МЕЛКИХ СОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ПРЯМОТОЧНО-ПОПУТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКОЗАВОДА

Регламентированный процесс переработки хлопка [2] для формирования прямоточной технологии предусматривает, питающие системы с очистителями мелкого сора, скомпонованные с модулями очистки от крупных сорных примесей в единую технологическую линию, а также агрегаты по указанным выше назначениям индивидуального принципа действия. Рассмотрим, согласно порядка построения структуры процесса, операцию очистки хлопка-сырца от мелких сорных примесей. Совершенствование техники и технологии очистки хлопка от мелких сорных примесей в отечественной промышленности проводилось по двум направлениям: теоретико-экспериментальные исследования и опытно-конструкторские разработки модулей очистки и их компоновки в составе поточных линий. Существует обширный материал, на основании которого апробированы основные принципы технологического процесса, его параметры осуществлена конструкторская реализация результатов работы. Очистители мелкого сора, как правило, формируются из отдельных типовых модулей очистки, сопряженных последовательно друг с другом транзитным каналом для прохода хлопкового потока по модулям очистителя, причем, ориентация канала к горизонтальной плоскости может быть различной. Типовая секция очистителя мелкого сора состоит из транспортно-рыхлительного органа и охватывающего его с зазором сетчатой поверхности. Процесс очистки хлопка осуществляется путем ударно-встряхивающего воздействия гарнитуры рабочего органа на хлопок с последующим выводом сорных примесей через ячейки сетчатой поверхности. Теоретические исследования охватывали транспортирование материала, контактные взаимодействия частиц хлопка с гарнитурой барабана с последующей оптимизацией технологических параметров и поиска эффективного профиля сетчатой поверхности. Опытные-конструкторские разработки направлены на проектирование модулей очистки и их

компоновкам в составе поточных линий на хлопкозаводах. Значительное число работ и опыт эксплуатации в промышленности, создали предпосылки к разработке современного оборудования и технологии очистки применительно к прямооточию-попутному способу очистки. Однако практика использования очистительного оборудования на хлопкозаводах показывает его низкую эффективность, что потребовало удлинения технологической цепочки очистки путем установки дополнительных очистительных модулей в технологическую линию. В итоге, это обусловило наращивание мощностей малоэффективного технологического оборудования и, как следствие, снижение качества продукта и рентабельности производства в целом. Для линейно-поточной технологии переработки хлопка, принятой в промышленности, первостепенное значение приобретают вопросы управления технологическим процессом путем регулирования технологическими параметрами в модулях очистки, что делает ее надежной в эксплуатации и создает предпосылки для гибкого управления процессом в зависимости от исходного состояния продукта. В серийных поточных линиях (УХК) этот вопрос решается в очистительных модулях крупного сора за счет исключения их процесса путем обводки хлопкового потока, в то время как в линиях очистки от мелких сорных примесей транзитный проход материала сохранен из-за отсутствия элементов регулирования, что делает невозможным осуществление принципа гибкого регулирования на всех переходах линии очистки хлопка-сырца и повышения ее эффективности.

Для выбора направления исследования на основе анализа работ возникла необходимость в разработке классификационной схемы, позволяющей определить приоритетные направления в решении поставленных задач (рис. 16).

Анализ схемы показывает широту исследований в области очистки хлопка от мелких сорных примесей. Она позволяет определить новые направления, вскрывающие значительные резервы в повышении эффективности процесса: рациональное использование пути перемещения хлопкового потока по поверхности сетки, раскрытие механизма процесса вывода сорных примесей через ячейки сетки, осуществление принципа регулирования технологических параметров в модуле без нарушения общей динамики транзитного перемещения хлопкового потока. Транспортно-рыхлительный орган в рабочей зоне модуля очистки перемещает значительные массы воздуха, поэтому в процесс вовлекается воздушный поток, который имеет неравнозначный характер проявления на дуге очистки [22] и играет значительную роль в интенсификации процесса. Рациональное использование воздушного потока в рабочей зоне очистителя создаст предпосылки для повышения очистительного эффекта модуля в целом.

КЛАССИФИКАЦИОННАЯ СХЕМА ОЧИСТКИ ХЛОПКА-СЫРЦА ОТ МЕЛКИХ СОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ

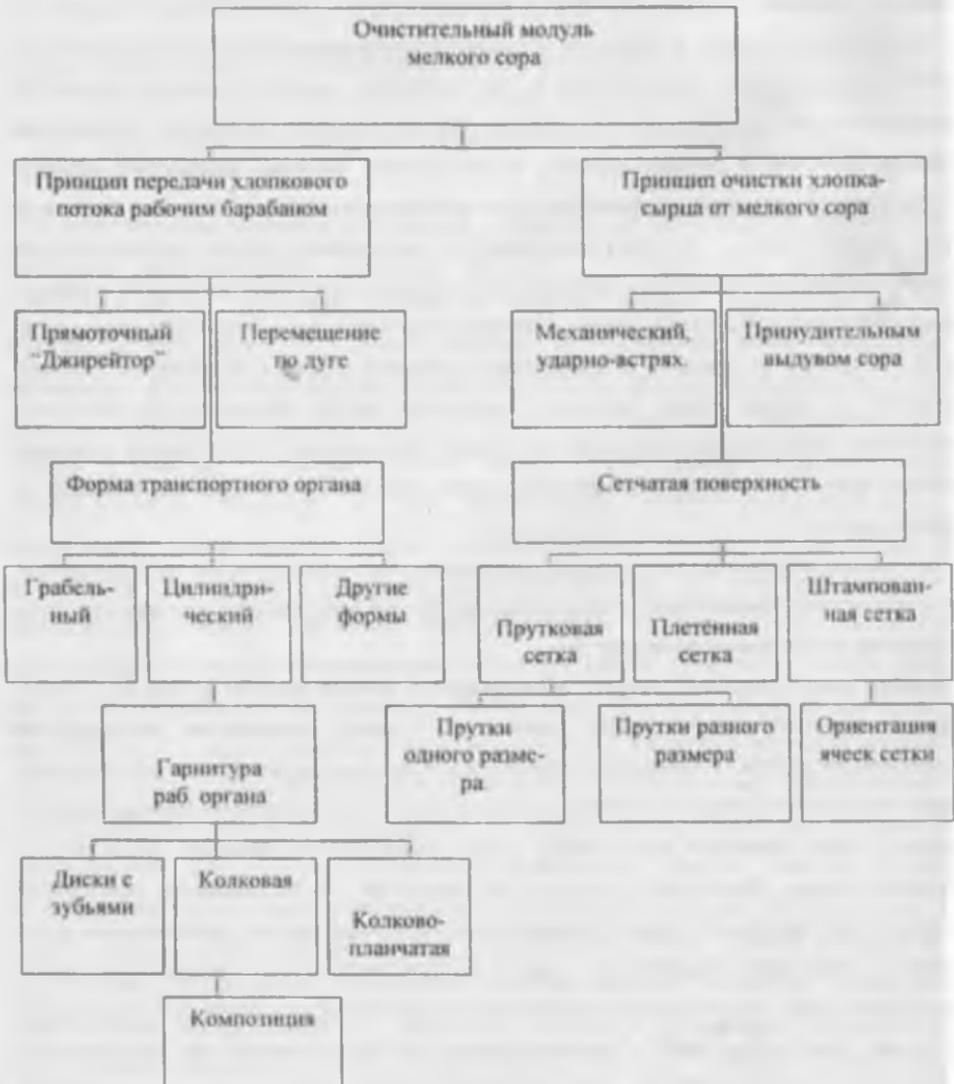


Рис 16

3 | ТЕОРИЯ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЧАСТИЦ ХЛОПКА ОРГАНИЗОВАННЫМ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ ПЛАНКАМИ БАРАБАНА В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ МОДУЛЯ ОЧИСТИТЕЛЯ

Известен ряд работ по исследованию технологических и конструктивных параметров транспортно-рыхлительного барабана в модуле очистки [22, 8,13,52]. Эти работы можно разделить на две группы, в первой изучались различные конструктивные предложения, а во второй - уточнялись технологические и кинематические параметры секции очистки. Изучение процесса взаимодействия частиц материала с элементами секции очистителя выявило ряд факторов, влияющих на интенсификацию процесса сорыва, основной акцент был направлен на оптимизацию ударно-встряивающих взаимодействий частиц материала с элементами очистителя. В то же время в рабочей зоне очистителя в процесс вовлекаются мощные воздушные потоки, организованные гарнитурой барабана, значимость которых в сорыве весьма велика. Впервые [22] была сделана попытка изучения действия воздушных потоков и характера их проявления на дуге очистки, а Д.А. Усманов [53] предложил использовать дополнительный воздушный поток, нагнетаемый извне, в рабочую зону очистителя. Полученные алгоритмы решения позволили определить степень влияния воздушных потоков на процесс. Анализ результатов исследований дал возможность изыскать рациональный способ использования воздушного потока в рабочей зоне модуля очистителя мелкого сора. Один из резервов организации направленной траектории перемещения воздушных потоков в рабочей зоне очистки гарнитурой барабана, являющегося основным побудителем и источником их образования. Рациональное использование воздушного фронта, образуемого планками барабана, в выводе сорных примесей и транспортирование основного хлопкового потока обусловит значительную эффективность в работе существующих модулей очистки. Известно представление о положительном характере действия воздушного потока в модуле очистки на транспортирование хлопковых масс и выводе сорных примесей, совпадающего с основным хлопковым потоком. Однако интерес представляет рассмотрение действия фронтальной плоскости воздушного потока перед планкой барабана, ориентированного под углом к основному направлению хлопков, что создаст предпосылки к изменению траектории перемещения частиц хлопков, особенно сорных примесей, в рабочей зоне очистки. Установлено, что планка транспортного барабана влияет на дополнительное образование пороков в материале вследствие значительных контактных взаимодействий с частицами материала. Угловая установка планки к основному потоку материала позволит исключить вероятность центрального ударного взаимодействия, что приведет к значительному снижению силовых нагрузок на хлопок. В то же время

изменение траектории отделившихся сорных примесей создаст предпосылки к увеличению дуги очистки на сетчатой поверхности, что обусловит интенсификацию процесса соровыделения из зоны очистки. Проанализируем ситуацию установки планки барабана под углом его оси, для чего составим схему взаимодействия частицы хлопка с планкой барабана в рабочей зоне модуля очистки (рис. 17). В зоне контакта частицы хлопка с плоскостью планки барабана действуют следующие силы F_T^n ; F_A^n - силы трения хлопка о поверхность планки и сетчатую поверхность, J_A - Кориолисова сила инерции [54], S_B - сила действия фронта

воздушного потока, R - радиус координаты центра тяжести летучки, P - вес летучки, $\frac{mV^2}{R}$ -

массовые силы (3.1). Составим уравнение движения частицы хлопка по лопасти планки по оси $X - X$, так как движение по оси $Y - Y$, по условию процесса отсутствует

$$m\dot{X} = F_T^n \cdot \sin \alpha + J \sin \alpha - F_A^n \quad (3.2), \quad \text{где } J \text{ - сила инерции}$$

$$F_T^n = [(F_T^c + J) \cdot \cos \alpha + J_A - S_B] \cdot \mu^n \quad (3.3), \quad \text{где } \mu \text{ - коэф трения хлопка}$$

Так как перемещение частиц хлопка зависит от угла установки планки к оси барабана α рассмотрим параметры уравнения движения (3.1) в функции угла поворота планки

$$\dot{X} = \left[-\mu^c \left(g - \frac{V^2}{R} \right) \cos \alpha - \frac{J}{m} \cos \alpha + \frac{(F_T^c + J) \cdot \sin \alpha \cdot \mu^n}{m} \right] \cdot t \quad (3.4)$$

$$X = \left[-\mu^c \left(g + \frac{V^2}{R} \right) \sin \alpha - \frac{J}{m} \sin \alpha + \frac{(F_T^c + J) \cdot \cos \alpha \cdot \mu^n}{m} \right] \cdot t^2 \quad (3.5)$$

Из формулы (3.5) можно определить условие перемещения частицы хлопка по лопасти планки в зависимости от угла поворота α . По технологии процесса, перемещение материала по лопасти может привести к перекрутке частиц хлопка, что обусловит образование пороков в волокне. Летучка хлопка в рабочей зоне модуля очистки имеет пять степеней свободы, поэтому процесс закручивания частицы хлопка (особенно со связями) будет носить сложный характер, что создаст предпосылки к увеличению порокообразования в волокне. Вследствие чего оптимальным вариантом является условие установки планки под таким углом, где вероятность процесса скручивания будет исключена, т.е. движение по оси $X - X = 0$. Тогда параметры угла наклона планки определяются из условия

$$-\mu^c \left(g + \frac{V^2}{R} \right) \sin \alpha - J \sin \alpha - \frac{(F_T^c + J)}{m} \cos \alpha \cdot \mu^n = 0 \quad (3.6)$$

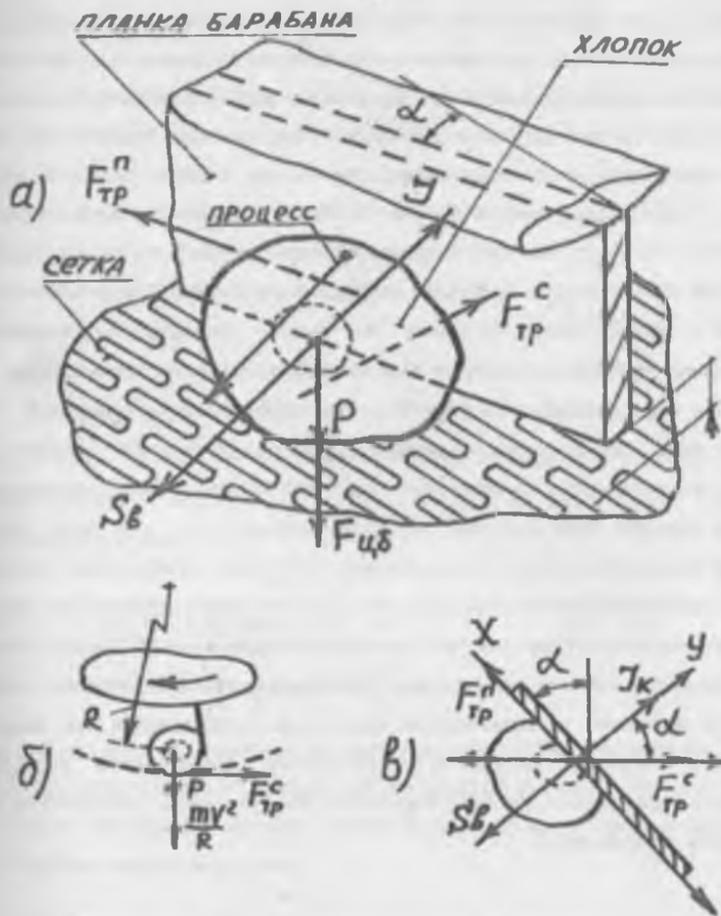


Рис 17 Схема взаимодействия частиц хлопка-сырца с планкой барабана очистителя мелкого сора

Разделим левую часть уравнения на $\cos \alpha$ и получим

$$\operatorname{tg} \alpha \left[\mu^c \left(g + \frac{V^2}{R} \right) + \frac{J}{m} \right] = \frac{(F_T^c + J) \cdot \mu_n}{m} \quad (3.7)$$

отсюда

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \frac{(F_T^c + J) \cdot \mu_n}{\left[\mu^c \left(g + \frac{V^2}{R} \right) + \frac{J}{m} \right]}, \quad \alpha \leq \arctg \left\{ \frac{(F_T^c + J) \cdot \mu_n}{\left[\mu^c \left(g + \frac{V^2}{R} \right) + \frac{J}{m} \right]} \right\} \quad (3.8)$$

где α угол установки планки.

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \mu^n \quad (\alpha \leq 17^\circ)$$

Для сохранения стационарного положения частицы хлопка на поверхности планки в процессе, она должна быть установлена под углом. Однако увеличение угла поворота планки возможно путем повышения значения угла трения планки о материал, как предложено в работе [13], где угловая установка определяет эффективность воздействия воздушного потока на материал и выделения сорных примесей в ячейки сетчатой поверхности очистителя. Скорость перемещения частицы хлопка из-за наличия диссипативных сил в зоне контакта отстает от линейной скорости рабочего органа $V = 0/5 + 0/6 V_0$, вследствие чего целесообразно проводить установку смежных планок в барабане с противоположной ориентацией к общему потоку материала. Это позволит организовать планками барабана зигзагообразную траекторию перемещения материала и сорных примесей по сетчатой поверхности, что создаст предпосылки для эффективности процесса. Действие кратковременного направленного воздушного потока под углом к оси барабана довольно эффективно может проявиться в изменении траектории сорной частицы, инерционная масса которой на порядок ниже частицы хлопка, вследствие чего она более адекватна к воздействию воздушного потока. Таким образом, траектория соринки будет ориентирована под углом к поперечной ячейке сетки, где $mN > CД$, что создаст предпосылки к увеличению "живого" сечения сетчатой поверхности и его эффективность в выводе сора из рабочей зоны. Для подтверждения теоретических выкладок разработали стендовую установку очистителя с дискретными планками, установленными под углом к продольной оси барабана, где ориентация в смежных планках противоположная. Эксперименты проводили при существующих параметрах и режимах модуля очистки. Результаты испытаний подтвердили эффективность предложения.

3.2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫВОДА СОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ ЧЕРЕЗ ЯЧЕЙКИ СЕТЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С УЧЕТОМ ДЕЙСТВИЯ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В МОДУЛЕ ОЧИСТКИ

Установлен [22, 13] пульсирующий характер проявления воздушных потоков в рабочей зоне очистителя и значимость воздействия воздушных струй на процесс вывода сорных примесей из зоны очистки. Динамика изменения направленности струй на дуге очистки представляет определенный интерес так как разнонаправленность их ориентации существенно влияет на процесс вывода сорных примесей из рабочей зоны очистки. На определенных участках сетки пульсирующий воздушный поток образуется вследствие "сгущений" комков материала перемещающегося по сетке и имеет стохастический характер проявления. Вместе с ним действует значительно мощный, организованный гарнитурой

барабана, с четкой периодической, пульсирующий воздушный поток. При изучении с помощью стробосъемки изменений траектории волоконца, закрепленных на дуге очистки, установлена [13] четкая синхронизацию профиля траектории с координатой положения планки барабана в рабочей зоне. Проявление этого потока по эффективности действия на порядок выше стохастических потоков. В процессе транспортирования материала по сетчатой поверхности возможны следующие ситуации в действии сил на частицу материала и сора:

- частица хлопка с центром тяжести на перемычке ячейки сетки;
- частица хлопка с центром тяжести напротив ячейки сетки;
- соринка в аналогичных ситуациях;

Рассмотрим ситуацию, по схеме а), (рис 18). Общее сопротивление воздушного потока составит KV^2 ($V_{ср} \approx 0.6 + 0.7 V_0$), далее выдувающего и подсосывающего воздушных потоков $KV_1^2 > KV_2^2$; F_f^c - сила трения материала по сетке. При этой раскладке сил на частицу хлопка действуют моменты сил, способствующие ее скручиванию. Уравнение равновесия частицы будет иметь вид

$$m\ddot{X} = mg \cdot \sin \alpha + KV^2 + F_f^c \quad (3.9), \text{ где}$$

$$F_f^c = (mg \cos \alpha + \frac{mV^2}{R}) \quad (3.10)$$

Решая уравнение (3.9), получили модель, учитывающую силы сопротивления по оси У-У, в данном случае, движение отсутствует, однако действие касательных сил от проявления воздушных потоков, способствует появлению момента стимулирующего виртуальное перемещение частицы материала на сетке.

$$\sum M = M_0 + M_1 + M_2 = M_0 + r(KV_1 + KV_2), \quad (3.11)$$

Этот суммарный момент и является источником образования закручивания волокнистой части (особенно связей) в частицах хлопка. Кроме этого, выдувающий поток KV^2 просасывает часть волокнистой массы из рабочей зоны через ячейку в сорную камеру, что обуславливает образование процесса "ложного" дженирования в модуле очистки. Несколько иная картина в раскладке сил проявляется при ориентации (по мере перемещения) центра тяжести материала над ячейкой сетчатой поверхности. В этом случае появляется степень свободы для перемещения по оси У-У, что представляет определенный интерес с позиции динамики перемещения и вероятности выдавливания отдельных летучек хлопка-сырца в сорную камеру. Рассмотрим условие равновесия системы при действии выдувающего потока (рис 19)

$$m\dot{Y} = \frac{mV^2}{R} + KV_B^2 + mg \cdot \cos \alpha \quad (3.12),$$

тогда окончательно уравнение движения частицы будет иметь вид

$$Y = \frac{1}{2} \left(\frac{V^2}{R} + V_B \frac{K}{m} + g \cos \alpha \right) \cdot t^2 \quad (3.13)$$

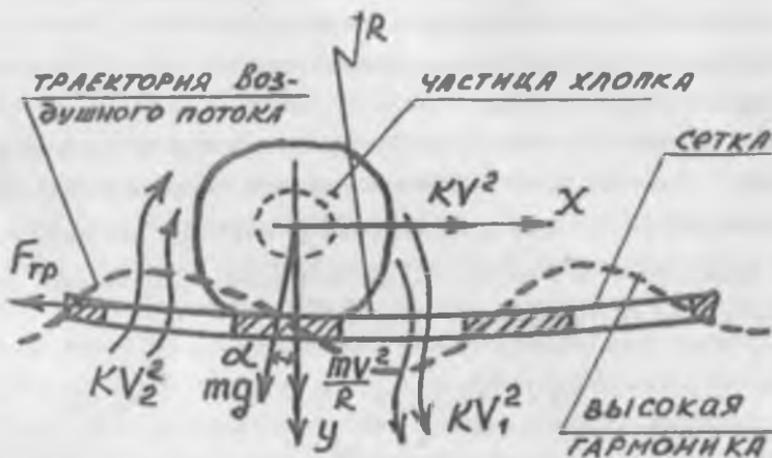


Рис 18 Технологическая ситуация — частица хлопка с центром масс находится на перемычке сетчатой поверхности

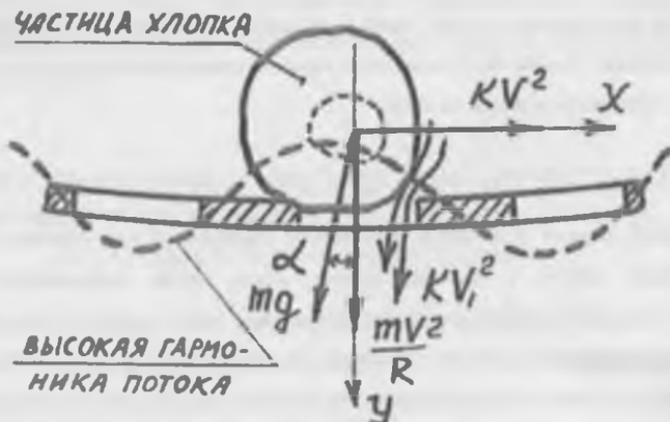


Рис 19 Технологическая ситуация — частица хлопка с центром масс находится над ячейкой сетчатой поверхности

Уравнение (3.13) определяет перемещение частицы хлопка при постоянной скорости движения материала по сетке, однако при значительной скорости частицы действие выдувающего потока не будет проявляться достаточно эффективно вследствие дефицита

время прохождения луточки хлопка над ячейкой сетки. Всплеск импульса выдувающего потока проявляется в значительной степени в момент заормаживания движения частицы по сетке из-за действия сил сопротивления и попадания ее в зону действия выдувающей полуволны синусоиды воздушного потока (рис 20). В этом случае уравнение движения луточки по оси У-У примет вид

$$m\ddot{Y} = \frac{m\dot{Y}^2}{R} + mg \cos \alpha + KV_R^2 \quad (3.14)$$

Скорость воздуха в аналог действия выдувающего потока максимальная, в то время как частица хлопка притормаживается силами трения на периферии сетки. Представим (3.14) в виде

$$\frac{d\dot{Y}}{\left(\frac{\dot{Y}^2}{R} + g \cos \alpha + \frac{KV_R^2}{m}\right)} = dt \quad (3.15), \text{ примем}$$

$$A^2 = \frac{(g \cos \alpha + \frac{KV_R^2}{m})}{R}$$

Решая уравнение, получим

$$Y = R \cdot \ln \left[\cos \left[\arctg \left(\frac{V_0}{R \left(g \cos \alpha + \frac{KV_R^2}{m} \right)} \right) \right] \right] + \arctg \left[\frac{V_0}{R \left(g \cos \alpha + \frac{KV_R^2}{m} \right)} \right] \quad (3.16)$$

Перемещение частицы хлопка в пространстве между перемычками сетчатой поверхности зависит от радиуса кривизны сетчатой поверхности, расстояния и скорости выдувающего потока, что вполне логично объясняется физикой процесса происходящего при транспортировании материала по сетке. Следует добавить, что, как правило, размеры частицы превышают поперечный размер ячеек сетки, и при продавливании материала в ячейку сетки возникает значительный импульс диссипативных сил, который обуславливает силовые нагрузки на частицу хлопка при ее перемещении по поверхности сетки. Для этого случая частица хлопка, согласно схеме (рис 21) продавливается в ячейку по оси У-У. Скорость

перемещения частицы хлопка резко замедляется, а сила действия воздушного потока определяется как градиент скорости ($\Delta V = (V_B - V)^2$), где $V = X$

Рассмотрим условие перемещения частицы хлопка в пространстве ячейки сетчатой поверхности по осям координат. При проходе ячейки сетки летучкой хлопка, импульс сил трения возникает на перемычке против хода движения потока, а угол γ является функцией от параметров материала, размера ячейки и величиной утолщения периферии материала в ячейке. Случай, когда частица просела в ячейку сетки примет вид:

$$\begin{cases} m\ddot{X} = mg \sin \alpha + K(V_B - V)^2 - F_T \cos \gamma \\ m\ddot{Y} = mg \cos \alpha + KV_B^2 + \frac{m(V_B - V)^2}{R} - F_T \sin \gamma \end{cases} \quad (3.17)$$

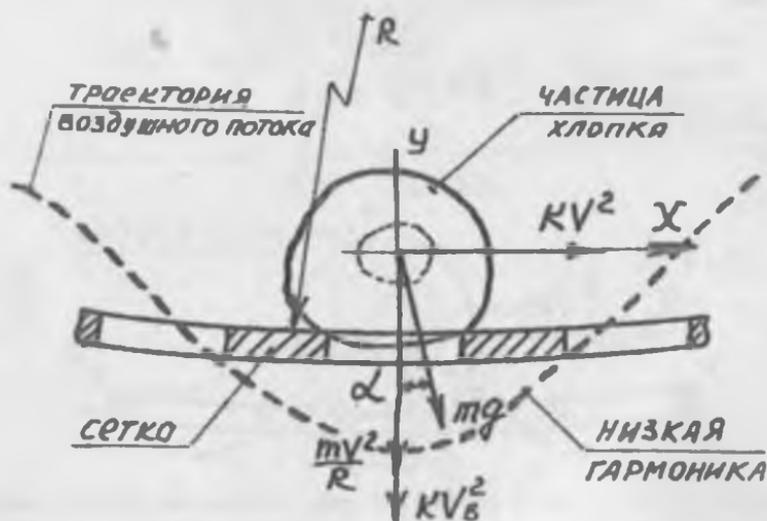


Рис 20 Схема сил с учётом действия выдувающего потока воздуха на частицу хлопка в рабочей зоне очистки

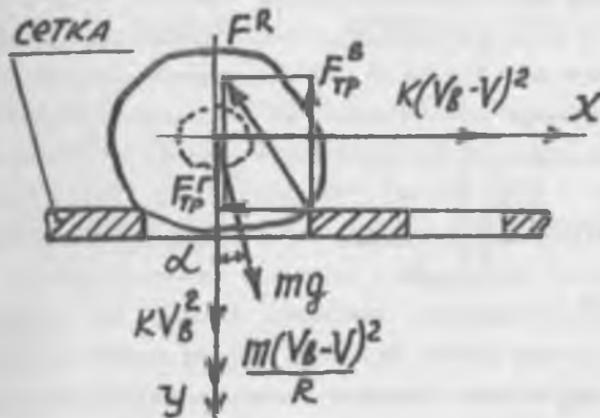


Рис 21 Модель процесса взаимодействия частиц хлопка с поперечной перемычкой сетчатой поверхности очистителя

С точки зрения динамики перемещения частицы хлопка по сетке, определенный интерес представляет движение по оси $X - X$, где

$$F_x = \mu \left\{ KV_B^2 + mg \cos \alpha + \frac{m(V_B - V)^2}{R} \right\} \quad (3.18)$$

Уравнение кинетики движения частицы по ячейке сетки будет иметь вид

$$X = V_B t - \frac{1}{A^2} \ln \left[\sqrt{Bch(A\sqrt{B}t)} + AV_0 sh(A\sqrt{B}t) + \frac{\ln \sqrt{B}}{A^2} \right] \quad (3.19)$$

или

$$X = V_B t - \frac{1}{A^2} \ln \left[Bch(A\sqrt{B}t) + AV_0 sh(A\sqrt{B}t) \right] \quad (3.20)$$

где $A = \left(\frac{K}{m} - \frac{\mu^* \cos \varphi}{R} \right)$, $B = \left[\frac{\mu^* KV_B^2 \cos \varphi}{m} + g(\cos \alpha \cos \varphi - \sin \alpha) \right]$ (3.21)

Исследуем уравнение (3.20) при начальных параметрах движения $t=0$ $X=0$. В выражении (3.21) существенно важна сила трения, которая зависит от угла $\cos \varphi$ и входит во все составляющие понижающей части уравнения. Поэтому уменьшение значения этой силы позволит создать предпосылки для увеличения динамики хлопкового потока по поверхности сетки, и, как следствие, обеспечить надежность при эксплуатации модуля. Этого можно достичь различными путями, например выполнением набегающей грани ячейки сетки по

ходу потока в виде снятой фаски или радиуса. Тогда вектор силы трения F_T будет проектироваться на вектор перемещения хлопкового потока. Составляющую силу трения рис 22,б можно представить в виде $F_C < V_T$, т.е. сила сопротивления имеет значение меньше существующего варианта сетки. Полного же устранения сопротивления поперечной перемычкой сетки можно добиться организацией продольной ориентации ячеек или выполнением ячейки в форме уступа, о чем будет сказано ниже. По мере преодоления сопротивления на перемычке сетки из-за значительного силового импульса, при малых радиусах переходных поверхностей возникает процесс "ложного" дженирования сопровождающийся образованием свободного волокна, что является нарушением технологического режима работы. Вследствие чего это явление требует теоретического осмысления. Рассмотрим схему взаимодействия частицы хлопка с поперечной перемычкой сетки [рис 23]. На волокнистый покров в точке А действуют силы, вдавливающие летучку хлопка в пространство перемычки

$$F = mg + \frac{m(V-U)^2}{R} + K(V-U)^2, \text{ сила, перемещающая летучку в зазоре}$$

$$P = K(V-U)^2, \text{ сила сопротивления перемещению } F_C$$

Рассмотрим процесс с позиции влияния радиуса переходной кромки ячейки сетки на образование процесса "ложного" дженирования [рис 23,б]. Значимость силового импульса со стороны перемычки сетки на волокнистый материал обусловлена размером переходной кромки и определяется Эйлеровыми силами, возникающими в пограничной (контактной) зоне между частицей хлопка и кромкой сетки. Исходя из рис 23, силы, действующие в этой зоне, где $K(V-U)^2$ - движущая сила потока (U - скорость летучки, V - скорость потока). Сила сопротивления перемещению частицы хлопка в зоне ячейки

$$F_C = \mu * ge^{\mu\alpha}$$

где $e^{\mu\alpha}$ - Эйлера сила, образованная в результате охвата волокнистым покровом частицы перемычки сетки и относительным движением ее по сетчатой поверхности

В этом случае условие перемещения материала по сетке запишем в виде

$$m\ddot{x} = K(V-U)^2 - F_C \quad (3.22)$$

$$F_C \left[mg + \frac{m(V-U)^2}{R} \right] \mu * e^{\mu\alpha} * \frac{1}{\cos\phi} \quad (3.23)$$

С учетом (3.22) уравнение (3.23) будет иметь вид

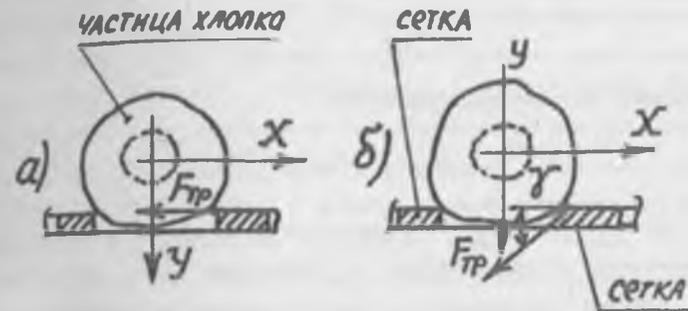


Рис 22 Варианты выполнения поперечной перемычки сетки
а - существующий, б - предлагаемый

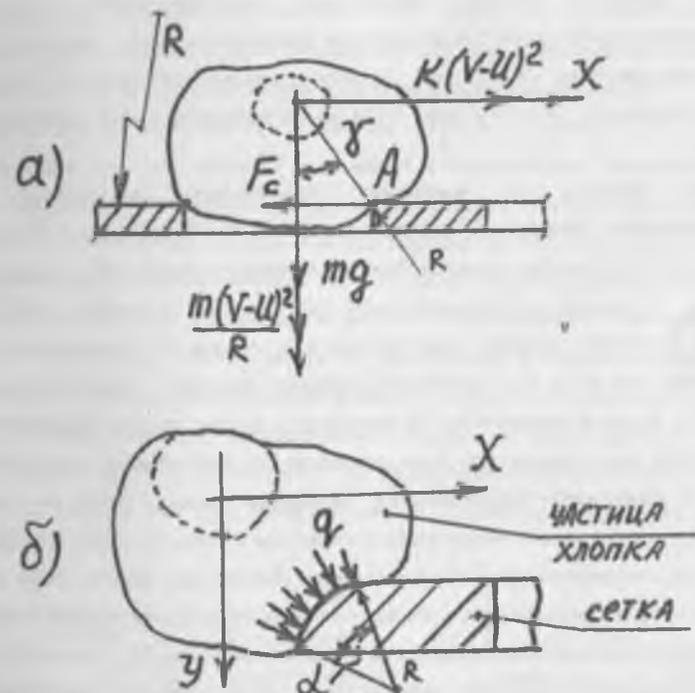


Рис 23 Схема взаимодействия частицы хлопка с поперечной перемычкой сетки
Положение летучки а - в пространстве ячейки сетки, б - на перемычке ячейки

$$m\dot{X} = K(V-U)^2 - [mg + \frac{m(V-U)^2}{R}] \mu \frac{e^{\mu\alpha}}{\cos \rho} \quad (3.24)$$

Решая выражение (3.24) окончательно получим:

$$X = \frac{1}{K_1} \ln \left(\frac{\sqrt{K_2}}{[K_2 \operatorname{ch}(K_1 K_2 * t) + K_1 V \operatorname{sh}(K_1 K_2 * t)]} \right) \quad (3.25)$$

Из уравнения (3.25) очевидно, что размеры радиусной кромки оказывают влияние на процесс перемещения частицы материала по перемычкам сетки. Увеличение радиуса перемычки приведет к снижению угла охвата α , влияние которого в уравнении (3.25) существенно, нежели значение (K_2) , что дает предпосылки к интенсификации процесса перемещения хлопкового потока по сетчатой поверхности. Существующие конструкции сетчатых поверхностей, выполненных путем штамповки из листа, предполагают установку перемычек поперек относительно движения потока с обязательной регламентацией размера ячеек для исключения забойных ситуаций в процессе, вследствие роста сопротивления поперечной кромки перемычки перемещению материала. Это явление наблюдалось при испытании сетчатых поверхностей с продольной ориентацией ячеек [25].

Таким образом, на основании теоретических исследований динамики транспортирования материала в модуле очистки можно предположить об увеличенном радиусе поперечной, по ходу процесса, перемычки сорывывающей ячейки сетки, или полном устранении ее влияния на технологический процесс. Это возможно при вариантах установки прутковых решеток или организации уступов в штампованных сетчатых поверхностях (рис. 24 б, в). Рассмотрим динамику процесса взаимодействия сорных примесей с сетчатой поверхностью и вывода их в сорную камеру очистителя. В этом случае следует иметь в виду, что технологическая ситуация несколько трансформируется вследствие изменения геометрических параметров сорных примесей, степени его подвижности относительно общего хлопкового потока и роста влияния воздушных потоков на вывод сора из рабочей зоны модуля очистки. Имеется ряд представлений о характере выделения сорных примесей через ячейки сетчатой поверхности о заглублинии соринки при переходе с окружного перемещения по сетке, на касательное [25], вывода соринки под действием силы тяжести в зоне ячейки [55], а также влияния воздушных потоков, значимость которых освещалась в работе [22]. В работе [13] исследовалось влияние выдувающего воздушного потока на вынос сорных примесей из зоны очистки с учетом динамики перемещения соринки по поверхности сетки. Однако рассматриваемые явления

касались существующих, штампованных, сетчатых поверхностей, имеющих относительно развитую плоскость по дуге очистки. В то же время как, в отечественной промышленности и за рубежом (США) широко используются прутковые сетки, где характер перемещения и вывода сора несколько иной, о чем говорилось в работе [13].

Оценку эффективности сетчатой поверхности по выводу сора принято определять коэффициентом "живого" сечения, однако он не может служить объективным критерием технологической возможности сетчатой поверхности в процессе сорыва. Практика показала, что прутковые сетчатые поверхности со значительно меньшим "живым" сечением имеют повышенный очистительный эффект. Поэтому, в работе [3] было введено уточнение понятия эффективности "живого" сечения для устранения разночтения теоретических выводов с практическими результатами.

Развитием этого направления стала работа, проведенная автором совместно с проф. Тютиным П.Н. [56], в которой сделана попытка определить механизм процесса вывода сорных примесей из зоны очистки в сорную камеру модуля с целью устранения несоответствия общепринятой теории с практикой. Установление различий в функциональных задачах динамики выхода сора из рабочей зоны очистителя — определяющих критерии в установлении механизма вывода сора из процесса. Определено, что сетчатая поверхность не является пассивным элементом в процессе, а существенно влияет на эффективность процесса улавливания и вывода сорных примесей из модуля очистки. Выводящая способность сетчатых поверхностей с коэффициентом "живого" сечения более 50% имеет практически потенциальную возможность для пропуска всего сора находящегося в рабочей зоне очистителя. Однако улавливающая способность профиля сетки является ограничительным фактором и определяет эффективность в сорыве. В результате чего возникает необходимость в исследовании и теоретическом осмыслении этого важного технологического аспекта в работе сетчатых поверхностей, разработка которых, позволит вскрыть значительные резервы в интенсификации процесса сорыва в модулях очистителей. При рассмотрении существующих конструкций сетчатых поверхностей (рис. 25, а, б) установлено, что в штампованных вариантах исполне-

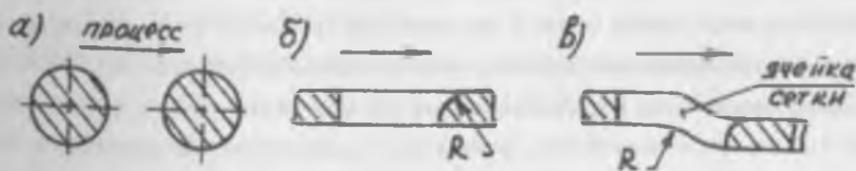


Рис. 24 Варианты сетчатых поверхностей с пониженной степенью сопротивления перемещению материала

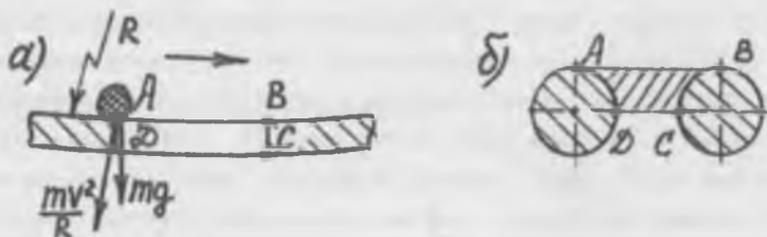


Рис 25 Варианты схем вывода соринки через ячейку сетки
а – сетчатой поверхности, б – прутковой

ния сеток функциональные задачи сводятся лишь к выводу сорных примесей из рабочей зоны очистки в сорную камеру, а процесс улавливания практически не реализуется и определяется отрезком АД (рис 25, а) при переходе соринки с радиальной траектории на касательную в зоне ячейки сетки. Прутковые сетчатые поверхности имеют значительную потенциальную возможность для улавливания сора, обусловленную "ловушкой" ABCD (рис 25, б), а промежуток CD определяет функцию вывода сорных примесей из зоны очистки. Дифференциация функциональных задач в направлении эффективности улавливающей способности определила пути по совершенствованию технологического процесса очистки. В работе [13] рассмотрена динамика вывода сорных примесей через ячейки штампованных сетчатых поверхностей, где функциональные способности совмещены с учетом действия выдувающего воздушного потока. В частности, получена модель перемещения сора в ячейку сетки (по оси У-У):

$$Y = Y_1 - \frac{V_1^2}{g} \ln \left[\frac{(V_1^2 + gY_1)}{V_0^2} \right], \quad (3.26)$$

где по начальным параметрам скорости воздушного потока и времени процесса установлена значимость действия выдувающих воздушных потоков на процесс вывода сора из устройства. Однако полученный результат ($Y=0.12\text{мм}$) заглубления соринки в ячейку сетки несоизмерим с размерами сорных примесей, вследствие чего этот процесс нереализуем в пространстве одной ячейки сетки, и для выделения сора вовлекается ряд ячеек на дуге очистки. Значительная потеря градиента скорости перемещения соринки на сетке обусловит рост гравитационных сил, способствующих выводу сора из зоны очистки, вместе с тем резко снизит влияние центробежной силы. Действительно, анализ уравнения перемещения соринки в ячейку сетки при потере градиента скорости

$$Y = \frac{m}{B} \ln \left[\frac{\cos[\arctg(V_0, A)]}{\cos \left[\arctg \left(\frac{\mu^* m g \cdot B}{m} + \arctg(V_0, A) \right) \right]} \right] \quad (3.27)$$

где $A = \left(\frac{\mu^* m}{R} + K \right)$ и $B = \left(\frac{\mu^* m}{R} + K \right)$, подстановка в (3.27) существующих

параметров сетчатых поверхностей, показала незначительный прирост величины углубления соринки в пространстве ячейки сетки ($Y=0.26$ мм), что также не может обеспечить гарантированного улавливания и вывода сорных примесей из зоны очистки. Очевидно, что на штампованных сетчатых поверхностях, наряду со стохастическими процессами, влияющими на вывод сора, включается механизм "соскребания" сора переходными кромками перемычек сетки с поверхности волокнистого материала. Однако значительные контактные нагрузки на волокно в этом случае приводят к повреждению и уходу материала в отходы, что недопустимо в технологическом процессе. Поэтому сетчатые поверхности с развитыми радиусными кромками являются более предпочтительными в эксплуатации, так как при достаточно удовлетворительной улавливающей функциональной способности, сохраняют природные качества перерабатываемого сырья. Наиболее полной реализации выводящей способности сетки можно достигнуть при условии активизации процесса улавливания и вывода сора из рабочей зоны модуля очистки. Рассмотрим процесс вывода соринки в ячейку сетки при наличии развитой радиусной поверхности в ее перемычках (рис 26)

Согласно схеме, на соринку, выходящую из зоны очистки действуют силы KV_*^2 - выдувающего потока, mg - гравитационная сила, R - реакция поверхности сетки на соринку, F_T - трения сора по сетчатой поверхности. Для составления уравнения движения соринки используем основной закон динамики, совместно с законом независимости действия сил

$$m\omega = mg + Q + F_T \quad (3.28)$$

Спроектируем все силы, действующие на соринку по координатам перемещения, где

$\omega_1 = \rho \cdot \gamma$, а $\omega = \rho \cdot \gamma^2$ соринка переходит на радиусную кромку сетки и перемещается по ней

$$\begin{cases} m\rho\gamma = mg \sin \gamma + KV_*^2 - \mu R \\ m\rho\gamma^2 = mg \cos \gamma - R \end{cases} \quad (3.29)$$

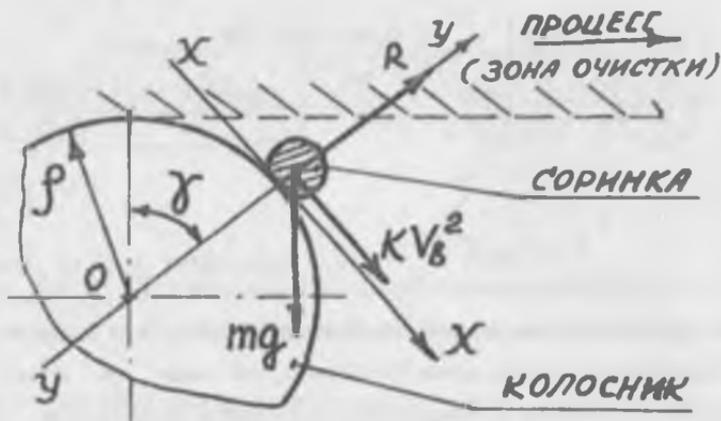


Рис. 26 Схема процесса вывода соринки в ячейку сетки развитой радиусной гранью поперечной перемычки

$$\begin{cases} m_j \ddot{\varphi} = mg \sin \varphi + K V_0^2 - \mu R \\ m_j \dot{\varphi}^2 = mg \cos \varphi - R \end{cases} \quad (3.30)$$

Исключим силу реакции опоры R из уравнения (3.30) и получим

$$m(j\ddot{\varphi} - j\dot{\varphi}^2) = mg \sin \varphi + K V_0^2 - mg \mu \cos \varphi \quad (3.31)$$

Разделив переменные и сократив на m , имеем

$$j(\ddot{\varphi} - \mu \dot{\varphi}^2) = K V_0^2 + g(\sin \varphi - \mu \cos \varphi) + \frac{K V_0^2}{m_j} \quad (3.32)$$

Для интегрированного нелинейного уравнения (3.32) воспользуемся подставкой

$$\dot{\varphi}^2 = \beta, \quad (3.33)$$

где β - функция угла φ , в этом случае

$$\ddot{\varphi} = \frac{1}{2} \cdot \frac{d\beta}{d\varphi} \quad (3.34)$$

Подставим выражение (3.34) в уравнение (3.32), имеем

$$\frac{d\beta}{d\varphi} - 2\mu\beta = \frac{2g}{j} (\sin \varphi - \mu \cos \varphi) + \frac{2K V_0^2}{m_j} \quad (3.35)$$

Получим линейное дифференциальное уравнение первого порядка относительно β при аргументе φ . Умножив левую и правую части уравнения (3.35) на $e^{-2\mu\varphi}$, получим

$$\frac{d\beta}{d\varphi} \cdot e^{-2\mu\varphi} - 2\mu\beta \cdot e^{-2\mu\varphi} = e^{-2\mu\varphi} \left\{ \frac{2g}{j} (\sin \varphi - \mu \cos \varphi) + \frac{2K V_0^2}{m_j} \right\} \quad (3.36)$$

Обратим внимание на то, что

$$e^{-2\mu\varphi} \left(\frac{d\beta}{d\varphi} - 2\mu\beta \right) = \frac{d(\beta \cdot e^{-2\mu\varphi})}{d\varphi} \quad (3.37)$$

Запишем уравнение в виде

$$d(\beta \cdot e^{-2\mu\varphi}) = \left[\frac{2g}{j} (\sin\varphi - \mu \cos\varphi) + \frac{2KV^2}{mj} \right] d\varphi \cdot e^{-2\mu\varphi} \quad (3.38)$$

Для интегрирования выражения (3.38) введём обозначение $\mu = \tan\varphi$, где φ - угол трения соринки по кромке сетки, тогда выражение (3.38) будет иметь вид

$$(\sin\varphi - \mu \cos\varphi) = \frac{\sin(\varphi - \varphi)}{\cos\varphi} \quad (3.39)$$

Пропроинтегрируем уравнение (3.37) по частям решая его, окончательно получим скорость перемещения соринки по радиусной кромке ячейки сетчатой поверхности

$$V = \frac{[V_0^2 + 2gj \left(\frac{1-2\mu^2}{1+4\mu^2} \right) + \frac{4K\mu \cdot V_0^2 j}{m}] \cdot e^{2\mu\varphi} - \frac{2gj}{(1+4\mu^2)} \cdot [3\mu \sin\varphi + (1-2\mu^2) \cos\varphi] - \frac{4K\mu \cdot V_0^2 j}{m}}{\quad} \quad (3.40)$$

В выражении (3.40) скорость выноса соринки из рабочей зоны очистителя определяется как функция координаты ее на поверхности радиусной кромки перемычки сетки при условии действия выдувающего потока V_B в сорную камеру. При наличии пульсирующего воздушного потока на дуге очистки значение $(+V_B)$ в уравнении (3.40) должно быть заменено на $(-V_B)$. При прохождении соринки ячейки сетки и достижения пограничной зоны с выводным участком скорость ее будет определяться

$$V = \frac{[V_0^2 + 2gj \left(\frac{1-2\mu^2}{1+4\mu^2} \right) + \frac{4K\mu \cdot V_0^2 j}{m}] \cdot e^{2\mu\varphi} - \frac{6gj \cdot \mu}{(1+4\mu^2)} - \frac{4K\mu \cdot V_0^2 j}{m}}{\quad} \quad (3.41)$$

Путь перемещения соринки по радиусной кромке ячейки сетки

$$S = \frac{[V_0^2 + 2gj \left(\frac{1-2\mu^2}{1+4\mu^2} \right) + \frac{4K\mu \cdot V_0^2 j}{m}] \cdot e^{2\mu\varphi} - \frac{6gj \cdot \mu}{(1+4\mu^2)} - \frac{4K\mu \cdot V_0^2 j}{m}}{\quad} \quad (3.42)$$

В этом случае путь перемещения соринки может быть найден из выражения

$$S = \frac{\Pi j \varphi}{180} = \frac{\Pi}{2} \cdot j \cdot \varphi$$

тогда время перемещения соринки определится как

$$t = \frac{\Pi j}{2V} \cdot \frac{[V_0^2 + 2gj \left(\frac{1-2\mu^2}{1+4\mu^2} \right) + \frac{4K\mu \cdot V_0^2 j}{m}] \cdot e^{2\mu\varphi} - \frac{6gj \cdot \mu}{(1+4\mu^2)} - \frac{4KjV_0^2 \mu}{m}}{\quad} \quad (3.43)$$

Анализ формулы (3.43) показывает, что время перемещения соринки в зоне улавливания ячейки сетки зависит от радиуса перемычки сетки, коэффициента трения соринки по сетке и в значительной степени от действия выдувающего воздушного потока. Например, для сетки с параметрами ($j=5$ мм, $\mu=0.3$; $V_B \approx 4$ м/с) время для выхода соринки ($\delta=4$ мм), согласно (3.43), составит $t=0.00123$, что обусловит эффективность выводящей способности сетки, в это время как для штампованных сеток эти параметры недостаточны. Неэффективность существующих штампованных сетчатых поверхностей из-за отсутствия улавливающей зоны в ячейках сетки, а также лимита временного фактора, не позволяющего сорным примесям выйти из контакта с основным хлопковым потоком в рабочей зоне очистителя, определяет тенденцию к наращиванию мощности очистительного оборудования в технологическом процессе. В сетчатых поверхностях с развитой радиусной перемычкой ячейки сетки создаются, предпосылки для значительного увеличения улавливающего эффекта, так как соринка на дугах улавливания АВ и СД перемычек сетки теряет связь с основным хлопковым потоком и не вовлекается повторно в основной технологический процесс. Действительно, как видно из рис. 27, $AB > CD$, что дает ответ на возникшее различие теории с практикой.

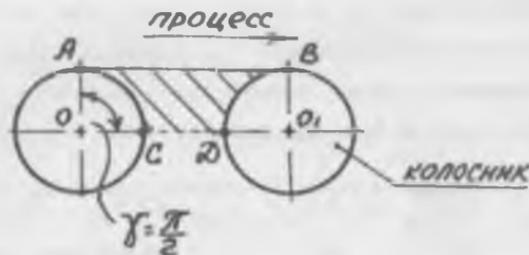


Рис. 27. Граничные условия вывода соринки в ячейку сетки

Эффект улавливания сора может быть значительно увеличен за счет расширения зоны улавливания в ячейках сети путем утолщения ряда прутков, по ходу процесса, на незначительную величину (2-2.5 мм), о чем отмечалось в [13]. Вывод ряда прутков из технологического процесса по ходу хлопкового потока приведет к росту зоны улавливания сорных примесей, не нарушая общей динамики технологического процесса, где утолщенная часть прутков будет контролировать освободившееся пространство от прохождения частиц хлопка в сорную камеру, причем "живое" сечение сетки останется практически неизменным.

3.3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ В МОДУЛЕ ОЧИСТИТЕЛЯ

Как было рассмотрено выше, сетчатая поверхность играет значительную роль в процессе сорования. Вместе с тем динамика взаимодействия частиц хлопка с элементами модуля очистки определила импульсивный характер проявления силовых нагрузок на материал на всем протяжении перемещения его по прерывистой сетчатой поверхности. Высокочастотные колебания частицы хлопка, проявляющиеся при этом, способствуют интенсификации процесса, так как расшатывают связи сорных примесей с материалом. Этот эффект особенно проявляется на сетчатых поверхностях с увеличенным радиусом поперечных кромок ячеек сетки. Для определения влияния формы сетчатых поверхностей на параметры колебательного движения рассмотрим процесс движения частицы хлопка на прерывистой сетчатой поверхности, когда кроме сил упругости KX , возникающих в волокнистом материале и сил сопротивления CX , на частицу хлопка действует приложенная извне и определяемая профилем сетчатой поверхности, возмущающая сила, изменяющаяся по гармоническому закону (рис. 28). Она возникает в результате прохода хлопкового потока по прерывистой рабочей поверхности сетки со скоростью $V=(0,5-0,6 \text{ м/с})$. При таких условиях движение частицы хлопка будет иметь вид

$$m\ddot{X} = -KX - CX + Q \cos \omega * t \quad (3.44)$$

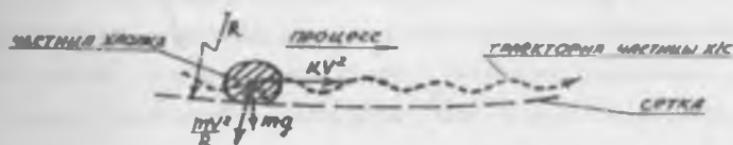


Рис. 28. Траектория движения частицы хлопка по прерывистой сетчатой поверхности очистителя мелкого сора

Общее решение уравнения равно сумме частного решения и общего решения уравнения

Уравнение (3.44) окончательно имеет вид

$$X = e^{-\mu t} \left[\frac{(V_0 + nY_0)^2}{j^2 - n^2} + Y^2 * \sin[(P^2 - n^2) * t + \varphi] + \frac{g(P^2 - \omega^2)}{(P^2 - \omega^2) + 4n^2\omega^2} \cos t + \frac{g(2n\omega)}{(P^2 - \omega^2) + 4n^2\omega^2} \right] \quad (3.45)$$

выражение (3.55) для установившегося движения системы можно представить в виде эквивалентной формы, учитывая фазовый сдвиг свободных колебаний частиц и возмущающей силы, обусловленной профилем сетчатой поверхности

$$X = A \cdot \cos(\omega \cdot t - \vartheta) \quad (3.46)$$

где ϑ - фазовый угол сдвига упругих сил в системе. Таким образом, для хлопка, перемещающегося по сетчатой поверхности, демпфирование оказывает незначительное влияние на резонансное поведение системы в областях достаточно удаленных от резонансной области. Однако в зоне резонанса оно приобретает исключительное значение. Определен [58] алгоритм фазового сдвига, от свойств хлопка-сырца

$$\varphi = \arctg\left(\frac{Y_0 \cdot (P^2 - n^2)}{Y_0 + nY_0}\right) \quad (3.47)$$

а выражение можно представить как

$$Y = (Q/K) \cdot f \cos(\omega \cdot t - \varphi),$$

где f -коэффициент усиления системы и определится

$$f = \frac{1}{(1 - \omega^2 / P^2) + 2(\frac{\omega}{P})^2} \quad (3.48)$$

Максимальное значение амплитуды колебаний при перемещении - X может быть достигнуто, когда $\cos(\omega \cdot t - \varphi) = 1$, т.е. $\omega \cdot t = \varphi$, а амплитуда колебаний, определяемая

сетчатой поверхностью, будет равна $A = X_{\text{max}} \cdot f \cdot Y_{\text{max}} = \frac{Q}{Kg} \cdot f$, где Q -возмущающая

сила, Kg -динамическая жесткость луточки хлопка. Исследуем уравнение (3.48) для определения координаты резонансной зоны, в которой следует ожидать приращение очистительного эффекта. Согласно схеме (рис. 29) возмущающая сила определится

$$Q = m(q + \omega^2 R) / [\cos(\omega \cdot t - \varphi)] \quad (3.49)$$

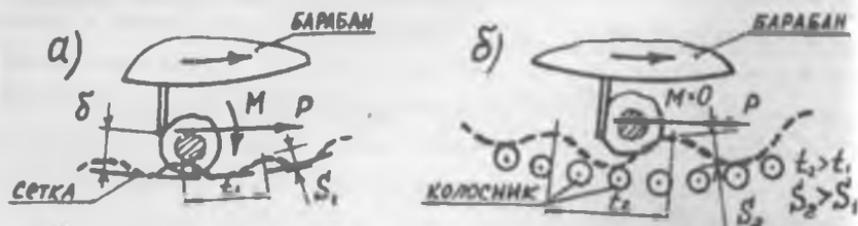


Рис. 29. Характер колебательного процесса при перемещении частицы хлопка-сырца по сетчатой поверхности: а - штампованной, б - прутковой

Анализ формулы (3.49) показал, что в случае незначительной угловой частоты вынуждающей части колебаний, по сравнению с собственной, коэффициент усиления стремится к единице, при значении $\omega = P$, коэффициент усиления резко растёт, что и определяет резонансную зону системы:

$$A_{\text{max}} = \frac{Q}{Kg} \cdot f = \frac{V_0^2}{(q + \omega^2 R)} \cdot f \quad (3.50)$$

Из работы [58], Kg - динамическая жёсткость лётучки хлопка и равна

$$Kg = \frac{P_{\text{max}}^2}{mV_0^2} = \frac{m(q + \omega^2 R)}{V_0^2}$$

где

$$f_0 = \frac{1}{(2n/P)^2} = \frac{P}{2\Pi}$$

тогда резонансная амплитуда определится по формуле:

$$A_r = \frac{V_0^2}{2(q + \omega^2 R)n} \quad (3.51)$$

а резонансную частоту можно определить из [74], где $P=1286$ с (для хлопка), тогда

$$f_r = \frac{1286}{2 \cdot 3,14} \approx 204,8 \text{ с}^{-1}$$

Зная условие перемещения лётучки материала по сетчатой поверхности очистителя, определим значение пути перемещения хлопка для очистки в резонансном режиме

$$S = \frac{V_0}{f} = \frac{5,4}{204,8} \approx 26,4 \text{ мм}$$

Таким образом, колосниковые решетки по своим параметрам ближе к резонансной зоне, нежели штампованные сетки, это и определяет их эффективность в сорвыделении. Организация оптимальных параметров для штампованных сетчатых поверхностей возможна путем периодического прогиба профиля. Для прутковых вариантов сетки резонансный режим работы можно реализовать путем варьирования диаметрами колосников или их периодическим утапливанием на дуге очистки [13]. Рост амплитуды колебаний хлопкового потока при этом практически не изменит режима технологического процесса. Наиболее оптимальным вариантом при принятой номенклатуре диаметров прутков является сочетание разнопрофильных прутков (диаметры 10 и 6 мм), что позволит при развитой улавливающей способности сетки, обеспечить очистку материала в резонансной зоне. Рассмотрим амплитудные характеристики материала при взаимодействии с сетчатой поверхностью в резонансной зоне. Используя выражение (3.51), положив

$V_0 = \frac{1}{2} V_{cr} = 2 \text{ м/с}$. получим

$$A_p = \frac{4 \cdot 1286}{2(9 + \frac{16}{0,22}) \cdot 1254} \approx 0,023 \text{ м}$$

где $p=1286 \text{ с}^{-1}$ и $n=1254 \text{ с}^{-1}$ установлено нами ранее [66] В промышленных конструкциях модуля очистки от мелкого сора зазор между сетчатой поверхностью и гарнизурой рабочего барабана установлен $b=14-18 \text{ мм}$, тогда, согласно схеме (рис 29), при параметрах колебательного процесса системы, значительно удаленных от резонансной зоны, при взаимодействии колка с частицей хлопка, возникает ситуация нецентрального удара, что снижает эффективность процесса очистки и приводит к закрутке волокнистого материала, и как следствие - образованию пороков в волокне, тогда как работа системы в зоне резонанса, создает прецедент центрального удара со стороны гарнитуры по летучке хлопка, что значительно увеличивает эффективность очистки при сохранении природных качеств материала (рис 29,б)

Таким образом, в результате теоретических исследований колебательных процессов в очистителе определена резонансная зона очистки, обуславливающая эффективность технологического процесса, что позволит перейти к разработке новых, высокоэффективных, сетчатых поверхностей в поточной линии очистки на хлопкозаводе

Вместе с тем, целесообразно рассмотреть процесс взаимодействия частицы хлопка с сетчатыми поверхностями имеющими в активе положительные качества известных прутковых и штампованных сетчатых поверхностей К ним можно отнести прутковые сетки с организованными рифлями на каждом прутке, расположенными под углом к хлопковому потоку [59] В этом случае часть сорных примесей будет отсекается в зоне контакта с поверхностью сетки и выводится в зону улавливания между прутками в сорную камеру Высокая эффективность такого варианта в очистке очевидна, однако (градиснт роста сопротивляемости перемещению хлопкового потока может привести к загущиванию частиц хлопка-сырца Этот вариант сетчатой поверхности следует использовать при очистке хлопка на регенераторах поточной линии очистки

3.4 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗЫСКАНИЮ ПРИНЦИПА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА В ПРЯМОТОЧНО-ПОПУТНЫХ МОДУЛЯХ ОЧИСТИТЕЛЕЙ МЕЛКОГО СОРА

Очистители мелкого сора в линии очистки, как правило, формируются из ряда модулей, включающих набор рыхлительных барабанов с сетчатыми поверхностями, где транспор-

тирование и очистка хлопка производятся последовательной передачей материала по барабанам модулей. В зарубежной практике широко используется способ предварительного рыхления материала за счет воздействия на него гарнитуры рабочих барабанов при транспортировании по верхнему патрубку хлопкопровода очистителя, а основная очистка материала производится в нижней части модулей, в зоне сетчатой поверхности. Такая организация технологического перехода создает предпосылки для эффективности процесса за счет предварительной подготовки материала к соровыделению. Однако, стохастический процесс переброса материала по барабанам, не позволяет, в полной мере реализовать управляемость технологическим процессом очистки в зависимости от исходных характеристик продукта. Вследствие этого возникла необходимость в разработке модуля очистки с элементами управления эффективности процесса путём регулирования кратности воздействия рабочих органов на материал. Одним из доступных способов решения технологической задачи является установка поворотного козырька в зоне верхнего канала очистителя в пространстве между смежными барабанами который позволит путем поворота изменять площадь и траекторию транспортного канала для прохода материала. Рассмотрим схему предложения (рис. 30)

Исходя из условия сплошности потока (так как в противном случае будет наблюдаться технологический забой и, как следствие, потеря работоспособности), можно записать условие

$$V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2, \quad (3.52)$$

где V_1 , V_2 - скорость потока хлопка, ω_1 - "живое" сечение входящего и ω_2 - выходящего каналов направляющего козырька. Откуда можно записать

$$V_2 = V_1$$

Из формулы (3.52) можно констатировать, что на участке СД, при $\omega_1 < \omega_2$, будет происходить приращение кинетической энергии потока хлопка, т.е. реализуется условие разгона частиц материала на дуге направлятеля. Градиент кинетической энергии в свою очередь обусловит эффективность разрыхляющей способности гарнитур в смежных барабанах. Однако при переходе на криволинейный участок направлятеля частицы материала в потоке будут активно взаимодействовать с его поверхностью, что приведет к активизации диссипативных сил, отрицательно влияющих на приращение кинетической энергии потока. Поэтому целесообразно рассмотреть процесс транспортирования материала в потоке с учетом проявляющихся при этом сил. Рассмотрим схему взаимодействия частицы хлопка с поверхностью направляющего козырька (рис. 31)

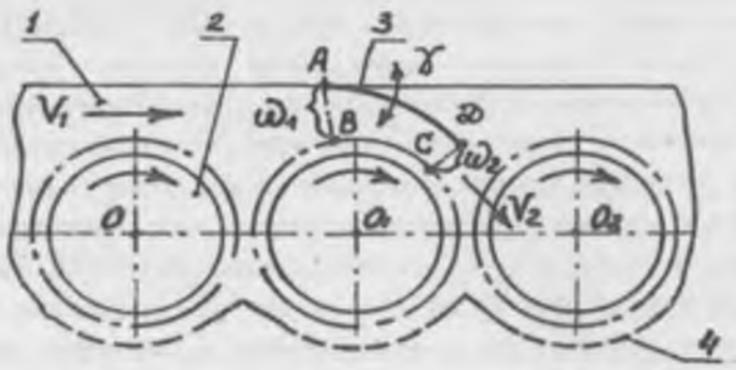


Рис 30. Схема прямоточного очистителя с регулируемыми параметрами очистки: 1- канал для прохода хлопка, 2- рабочий барабан, 3- регулирующий козырек

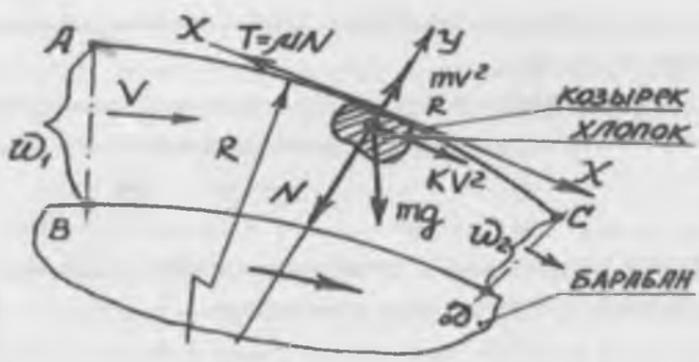


Рис 31. Расчетная схема сил, действующих на частицу хлопка, в зоне прохода регулирующего козырька модуля очистки

Запишем условие движения частицы хлопка по осям координат козырька

$$\begin{cases} m\ddot{X} = \sin\alpha + KV^2 - \mu N \\ m\ddot{Y} = \frac{mv^2}{R} - P\cos\alpha - N \end{cases} \quad (3.53)$$

Примем, что частица хлопка, при перемещении по поверхности направителя, будет находиться в постоянном контакте с его поверхностью по оси Y-Y', т. е. перемещение Y=0. Тогда окончательно решение системы запишем так

$$X = \frac{1}{2 \cdot \left(\frac{f}{R} - \frac{K}{m}\right)} \cdot \ln \left\{ \frac{[g\mu - V^2 \left(\frac{f}{R} - \frac{K}{m}\right)]}{[g(\sin \alpha + f \cos \alpha) - X^2 \left(\frac{f}{R} - \frac{K}{m}\right)]} \right\} \quad (3.54)$$

Наибольшая скорость разгона частицы хлопка в зоне смежных барабанов будет при значении $\alpha = \frac{\pi}{2}$ и составит:

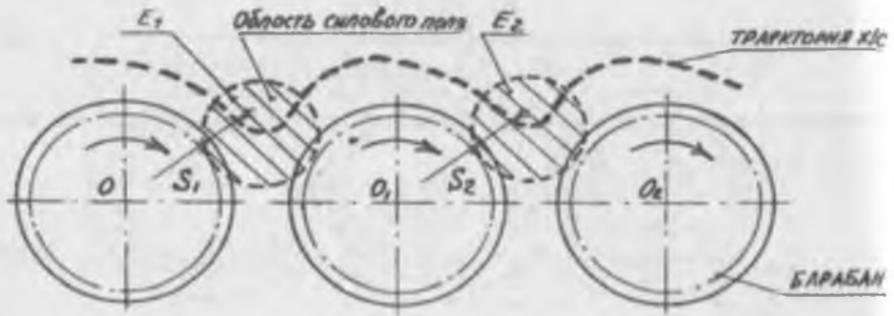
$$V_{\max} = \sqrt{\frac{g - [g\mu - V_1^2 \left(\frac{\mu}{R} - \frac{K}{m}\right)] \cdot e^{-2R \left(\frac{\mu}{R} - \frac{K}{m}\right)}}{\left(\frac{\mu}{R} - \frac{K}{m}\right)}} \quad (3.55)$$

В этом случае может возникнуть ситуация, когда вектор скорости частицы будет направлен в сторону сетчатой поверхности в нижней части модуля и при переходе с радиусной поверхности направлятеля на прямолинейную траекторию создаст прецедент работы передающего барабана "на себя", т.е. заклиниванию процесса, что создаст условия для регулирования кратности очистки путем выключения последующего ряда барабанов (очистительных модулей) из технологического процесса. Выражение (3.55) позволяет определить конструктивные параметры системы. Изменением координаты положения направлятеля возможна регулировка параметров кинетической энергии хлопкового потока (E) в зоне рыхления (рис. 32).

Для экспериментальной оценки теоретических посылок разработали полнопрофильную стендовую установку модуля очистки от мелкого сора с элементами регулирования параметров хлопкового потока в верхнем канале очистителя, где изменением координаты направлятеля путем поворота регулируется ширина хлопкового потока (параметр регулирования угол - ρ), в зоне смежных рыхлительных барабанов очистителя. За выходные параметры приняты очистительный эффект, кинетика структуры хлопка, содержание свободного волокна и поврежденность семян. Эксперименты проводили на хлопке-сырце АН-Балют 1 сорта, 2 класса (засоренностью $3=6,7\%$ и влажностью $W=8,4\%$), при трехкратном пропуске через очиститель (всего 9 барабанов). Установлено, что изменением угла наклона направлятеля может реализовать эффект заклинивания хлопкового потока в барабане "на себя". Это позволит вывести ряд последующих модулей из процесса (при $\rho \geq 30$), что подтверждает возможность принципа регулируемости системы для линейно-поточных модулей очистки.

На основании теоретико-экспериментальных исследований установлено следующее:

- впервые реализован процесс регулирования прямоточного способа очистки хлопка от сора,
- увеличение кинетической энергии потока в зоне рыхления смежных барабанов приводит к



$S_1 > S_2$, $E_1 > E_2$, $\Xi_1 > \Xi_2$ - параметры регулирования

Рис 32 Схема регулирования силового поля воздействия на частицу хлопка гарнитурой смежных барабанов в верхнем канале прямоточного очистителя

эффективности рыхления и подготовке материала к основному технологическому процессу - очистки на сетчатой поверхности,
 - отмечается незначительный прирост порокообразования в продукте к исходным параметрам материала, что делает процесс эффективным при внедрении в промышленность.

Реализация предлагаемого принципа дает возможность осуществить полную регулируемость параметров процесса в линейно-поточной технологии и подойти к АСУ управления очистительным процессом на хлопкозаводе

3.5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать анализ классификационной схемы очистки хлопка-сырца от мелкого сора и определить направление в исследовании
2. Каково влияние воздушных потоков в рабочей зоне очистителя мелкого сора на процесс очистки?
3. Дать анализ процесса вывода сорных примесей через ячейки сетки в зоне очистки с учетом действия воздушных потоков
4. Привести основные критерии в оценке выводящей способности сорных примесей сетчатой поверхностью
5. Каково влияние профиля сетчатой поверхности на параметры колебательных процессов в зоне очистки и на эффективность процесса?

6 Привести схему регулирования процессом очистки в прямоточных очистителях мелкого сора и дать анализ сил, действующих на частицу хлопка-сырца в зоне изменения направления траектории хлопкового потока

Глава 4 ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ХЛОПКА-СЫРЦА К ОЧИСТКЕ И РАЗРАБОТКА НОВОГО МОДУЛЯ ОЧИСТИТЕЛЯ КРУПНОГО СОРА К ЛИНЕЙНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ

Научные и прикладные исследования очистителей хлопка-сырца от крупных сорных примесей [2,3,7,8,38] предопределили современную технологию очистки в комплексе машин, установленных по линейно-поточному принципу транспортирования хлопкового потока. Вместе с тем технологический регламент РИЦ "Хлопкопрома" (1995 г) предполагает установку в технологическом процессе и очистителей индивидуального принципа действия, которые отличаются от линейных очистителей функциональными и конструктивными параметрами. В очистителях крупного сора для выполнения технологической операции необходимо реализовать следующие технологические переходы: наброс частиц хлопка-сырца и их предварительное закрепление на garnитуре пыльчатого барабана перед притирочной щеткой, окончательное закрепление материала притирочной щеткой на барабане очистителя, очистка хлопка в колосниковой зоне очистителя, сьем частиц хлопка-сырца с garnитурпы пыльчатого барабана. Эффективность каждого технологического перехода должна быть обусловлена технологическими требованиями, последующего по ходу процесса перехода, что в итоге создаст предпосылки к разработке эффективной технологии очистки хлопка в целом. Модули очистителей в современной линейно-поточной технологии очистки (УХК) и пыльчатые секции в очистителях индивидуального принципа действия (серия ЧХ) по своим основным технологическим и конструктивным параметрам схожи между собой, вследствие преемственности технологии и унификации оборудования. Модуль очистки обычно включает пыльчатый барабан с сегментным способом установки garnитурпы, узел притирочной щетки, очистительный узел с набором колосников и щеточный съёмный барабан. Отличие в зоне приема заключается в протяженности сектора наброса материала на барабан в очистителях индивидуального принципа действия, а также в установке реверсирующих щеточных барабанов (в поточных линиях УХК), что значительно ограничивает сектор приема частиц хлопка garnитурпой барабана. Принудительный наброс материала щеточным барабаном несколько компенсирует ограниченность дуги сектора наброса, однако вместе с тем возросшая кинетика наброса обусловила значительные

контактные нагрузки в паре "материал-гарнитура", что снижает эффект предварительного распределения хлопка по поверхности барабана и приводит к уходу материала в отходы на колосниках очистителя, интенсивному образованию свободного волокна в зоне закрепления притирочной щеткой. Таким образом, в модуле очистки просматривается причинно-следственная связь по всем технологическим переходам операции очистки, как единой системы, где эффективность функциональных структурных ее составляющих определяет технологическую эффективность модуля в целом. Поэтому возникла необходимость комплексного подхода в исследовании данной системы с раскрытием физико-механических связей и явлений в каждом технологическом переходе с целью изыскания и разработки новых высокоэффективных, очистительных модулей для линейно-поточной технологии очистки. Рассмотрим последовательно по ходу процесса технологические переходы, обеспечивающие операцию очистки от крупных сорных примесей.

4.1 ПРОЦЕСС ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ХЛОПКА-СЫРЦА В ЗОНЕ НАБРОСА МАТЕРИАЛА НА ГАРНИТУРУ БАРАБАНА ПЕРЕД ПРИТИРОЧНОЙ ЩЕТКОЙ

Вопросу подачи материала на гарнитуру барабана уделялось внимание в работах [22, 7,13] исследовались различные способы наброса частиц хлопка и их закрепления на поверхности барабана. Практика эксплуатации оборудования на хлопкозаводах показала эффективность верхнего способа наброса хлопкового потока на барабан. В серийных очистителях крупного сора серии ЧХ сектор приема материала гарнитурой барабана, из-за установки направляющего козырька (рис 33,а) составил $\alpha = 120^\circ$ (до притирочной щетки), что значительно расширяет оперативное пространство и эффективность в проявлении действия массовых сил и воздушного потока, в предварительном распределении крупных структурных частиц хлопка по поверхности сектора приема периферией барабана.

В то же время, в модуле очистителя поточной линии УХК (рис 33,б) это пространство значительно сокращено ($\alpha < 60^\circ$), поэтому потребовалось усиление динамики процесса наброса частиц хлопка на гарнитуру барабана, что позволило компенсировать дефицит оперативного пространства зоны приема. Увеличение кинетической энергии хлопкового потока обуславливает прирост порокообразования в материале. На наш взгляд, такой градиент разбежки в размерах сектора наброса при проектировании модуля очистки, стал возможным из-за отсутствия четких рекомендаций по формированию зоны приема хлопка в очистителе. Поэтому необходимо изучить этот вопрос с позиций интенсификации процесса

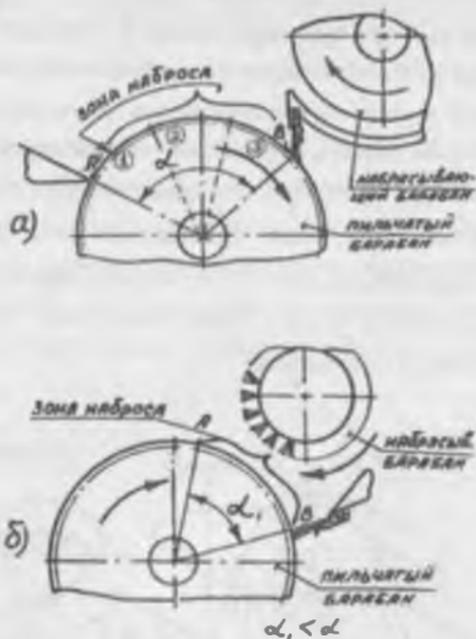


Рис 33 Модуль очистителя крупного сора с сектором наброса хлопка-сырца на гарнитуру барабана перед щеткой.

а- индивидуального принципа действия (ЧХ), б- в составе поточной линии (УХК)

захвата и закрепления материала гарнитурой барабана в секторе приема очистителя. Захватывающая способность зубьев пил исследовалась ранее [11, 14, 42], оценка степени захвата определялась величиной площади впадины между зубьями (треугольник захвата) при рассмотрении динамических и кинематических параметров процесса. В основных работах [11, 14], рассматривался процесс взаимодействия пыльной гарнитуры с профилем сырцового валика в джине, по этому их рекомендации этих авторов не могут быть полностью трансформированы для описания физики процесса в очистителях крупного сора. Решались [22, 38, 42] задачи оптимизации профиля зуба пилы в направлении надежного удержания закрепленной на гарнитуре частицы хлопка в колосниковой зоне очистителя с целью снижения потерь материала в отходах.

В нашем случае рассмотрим процесс наброса и предварительного закрепления частиц хлопка на гарнитуре так как в известных работах не каких отражена реальная картина процесса предварительного контакта частицы хлопка и последующее закрепление ее на гарнитуре барабана. Рассмотрим процесс наброса частицы хлопка-сырца на гарнитуру пильчатого барабана с позиции деформаций материала при контакте с периферией барабана

и удержание ее гарнитурой при транспортировании в процессе. Параметры пыльчатой гарнитуры, используемые в промышленности в очистителях крупного сора, при свободном проходе летучки хлопка до встречи с передней гранью зуба пилы (рис. 34) не обеспечивают гарантированного процесса захвата и удержания ее на периферии барабана, так как величина $AB=AO, \operatorname{tg} \beta_1 = 9 \cdot 0,267 = 2,4$ мм, где диаметр летучки $D=25$ мм (условно), $\beta=55^\circ$, $\beta=20^\circ$, $\beta_1=15^\circ$, $t=9$ мм. При таких соотношениях геометрических параметров и кинематических режимов очистителя ($V=7$ м/с) частица хлопка при подходе к гарнитуре барабана будет взаимодействовать не с одним зубом пилы, в процесс захвата будет вовлекаться группа зубьев по дуге наброса.

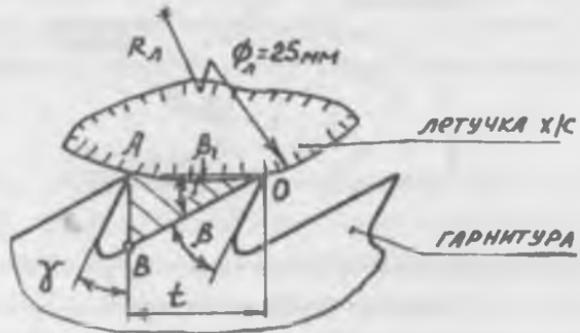


Рис 34 Процесс встречи летучки хлопка с гарнитурой пыльчатого барабана модуля очистки.

Таким образом, частица хлопка будет как бы "размазываться" по гарнитуре барабана. Однако на первый взгляд это положительный фактор, так как обеспечивает равномерность заполнения поверхности барабана, но вместе с тем равномерность заполнения зубьев по дуге очистки волокном будет неравномерная и априори натяжение волокон на первом, по ходу процесса, зубе пилы может превысить параметры разрывной нагрузки, что обусловит процесс "ложного джинирования" в зоне наброса. Поэтому для обеспечения нормального протекания процесса необходимо сохранить постоянство контакта материала при прохождении по задней кромке зуба пыльчатой гарнитуры, что позволит использовать всю площадь захвата (ΔAOB). Следует обратить внимание и на другой существенный фактор деформацию частицы хлопка во время контакта ее с поверхностью барабана. Нами [37] получена достаточно достоверная и полная информация о характере ударного процесса при взаимодействии летучки с рабочей поверхностью гарнитуры очистителя (рис. 35), где

согласно осциллограмме определена динамика развития процесса и его основные параметры

Установлен несимметричный характер его проявления, обусловленный быстрым нарастанием нагрузки (t_1) и сравнительно медленным разгрузением системы (t_2). Анализ экспериментальных данных таблицы 4 I показал, что скорость соударения не влияет на время удара, а зависит от величины ударяющей массы и ее жесткости, что согласуется с теорией процесса. Геометрические параметры соударяющихся элементов в очистителе крупного сора предопределяют процесс закрепления частицы хлопка на поверхности барабана

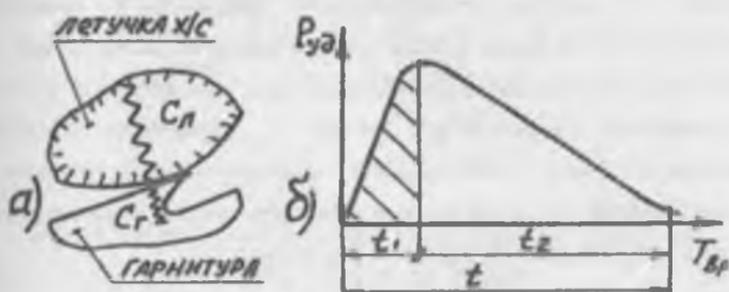


Рис 35 Схема силового взаимодействия летучки хлопка при набросе с поверхностью пильчатого барабана

Таблица 4 I

| Параметры удара | Скорость соударения, м/с | | |
|-----------------|--------------------------|---------|---------|
| | 5 | 7 | 9 |
| P н | 0 39 | 0 54 | 0 73 |
| t с | 0 0115 | 0 0112 | 0 0123 |
| t_1 с | 0 00165 | 0 00125 | 0 00139 |

При отсутствии контакта материала с зубом пилы волокнистый покров летучки хлопка, сохраняя первоначальные размеры, и при дефиците пространства для закрепления ($AB \leq 2$ мм), будет "размазываться" по дуге барабана, что приведет к обрыву части закрепленных волокон и потере их в отходах. Таким образом, в процесс закрепления вовлекается значительное количество зубьев в секторе наброса барабана. При контакте соударяющихся элементов (летучка-гарнитура барабана), вследствие развивающихся ударных нагрузок материал деформируется, изменяя свои геометрические параметры, что способствует повышению эффективности процесса закрепления его на гарнитуре барабана, устраняя

вероятность процесса "ложного джинирования" при закреплении. На основании изложенного выше можно предположить, что процесс закрепления, в полной мере, будет реализован при оптимальной траектории подхода частицы хлопка к периферии барабана в гарантированном контакте ее с гарнитурой. Определим вероятность реализации основной составляющей процесса удара (t_1), исходя из реальных геометрических и кинематических параметров системы. Из схемы (рис 36) очевидно, что точка контакта материала с гарнитурой (C) условно переместится в положение C' до встречи с передней гранью следующего зуба пилы (по ходу процесса). Определим путь, который необходим для реализации первой фазы удара с учетом деформации системы $t = CC_1 / V_6$, где $CC_1 = V_6 \cdot t = 10^3 \cdot 7 \cdot 0,00125 = 8,75$ мм. При $C_1 = t$ (шаг) можно утверждать, что процесс деформации материала реализуется за время прохода частицы хлопка по задней спинке зуба пилы до встречи ее с вершиной последующего зуба гарнитуры, в то время как полная реализация процесса контактного взаимодействия летучки с гарнитурой произойдет на дуге протяженностью $L = 78,4$ мм. Этот параметр является пределом контакта материала с поверхностью барабана, и в случае не реализации процесса закрепления возможна ситуация отхода летучки и перемещения по гарнитуре барабана.

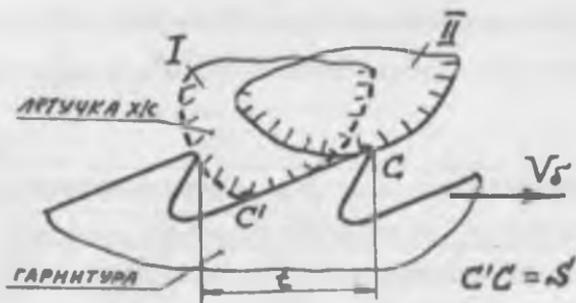


Рис 36. Динамика схода частицы хлопка по задней спинке зуба пилы рабочего барабана модуля очистки.

Определимся с параметрами сектора наброса частицы хлопка-сырца на гарнитуру барабана. При исследовании процесса захвата зубьями пыльного цилиндра волокна в сырцово-камере джина установлено, что угол атаки материала, ориентированный в "зев" зуба пилы нецелесообразен, так как приводит к снижению захватывающей способности гарнитуры. Рассмотрим процесс наброса частицы хлопка на гарнитуру барабана при условии контакта ее с поверхностью барабана и схода по задней спинке зуба пилы. Схема наброса представлена на (рис 37), где φ -угол положения координаты массы летучки, β -

угол наклона спинки зуба пилы, N - реакция зуба, V_H - вектор скорости наброса, X - относительная скорость летучки, ψ - угол между направлением вектора скорости наброса летучки и относительной скоростью перемещения её по задней спинке зуба пилы, $F_{тр}$ - сила трения хлопка по зубу; $\frac{m\dot{X}^2}{R}$ - массовые силы, KV^2 - сила сопротивления воздушного потока

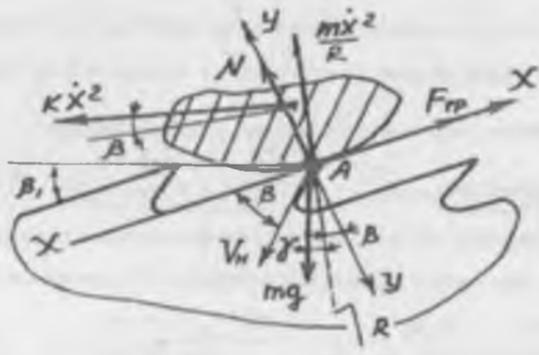


Рис 37 Схема сил в зоне контакта частицы хлопка с гарнитурой рабочего барабана при набросе

Рассмотрим процесс перемещения частицы хлопка по спинке зуба пилы по оси X-X. Составим уравнение движения частицы хлопка

$$\begin{cases} m\ddot{Y} = -mg \cos(\gamma + \beta) + KX^2 \sin \beta + N + \frac{m\dot{X}^2}{R} \cos \beta \\ m\ddot{X} = mg \sin(\gamma + \beta) + KX^2 \cos \beta - \frac{m\dot{X}^2}{R} \sin \beta - F_{тр} \end{cases} \quad (4.1)$$

при перемещении летучки, условно (без учёта её деформации) примем $m\ddot{Y}=0$, тогда

$$N = mg \cos(\gamma + \beta) - KX^2 \sin \beta - \frac{m\dot{X}^2}{R} \cos \beta \quad (4.2)$$

Определим относительную скорость перемещения частицы хлопка по спинке зуба пилы

$$X = \sqrt{[(g + M^2 V_{\text{н}}^2) \cdot r^2 M^2 X - g](1 \setminus M)} \quad (4.3)$$

выражение (4.3) позволяет определить относительную скорость при перемещении частицы хлопка по спинке зуба пилы от координаты её положения на барабане. Для определения ударного импульса при контакте летучки хлопка с зубом пилы, необходимо знать скорость её разгона на задней спинке зуба. Если условно считать $S=t$, то выражение (4.3) примет вид

$$X = \sqrt{[(g + M^2 v_{\theta}^2) + t^2 M^2 t - g] \cdot \left(\frac{1}{M}\right)} \quad (4.4)$$

Анализ составляющих выражения (4.4) показывает, что переменным параметром для существующих систем, координатой наброса материала на барабан (q) является функцией составляющей. Очевидно, что при росте значения увеличивается динамика взаимодействия летучки с гарнитурой и эффективнее процесс закрепления. Исследуем составляющую, где координата ρ - определяет положение наброса частицы хлопка на периферию барабана. При рассмотрении верхнего наброса (для существующих систем очистки), видно что в первом квадранте сектора наброса угол, меняется от 0 до $\frac{\pi}{2}$ таким образом

$$q^1 = mg(\sin \beta - \mu \cos \beta), \quad q^2 = mg(\sin \beta + \mu \cos \beta)$$

Значение $q_{\text{во}} < q_0$ показывает, что направление вектора летучки в первом квадранте играет положительную роль при захвате гарнитурой материала. В то время как во втором квадранте он отрицателен

$$q_{\text{во}}^2 = -mg[\cos \beta + \mu \sin \beta]; \quad X = f(mg) \quad (4.5)$$

Таким образом, относительная скорость, как функция массы, изменяется в широких пределах. Следует заметить, что во втором квадранте прирост массы, притормаживает продвижение летучки хлопка по спинке зуба пилы, тем самым снижая эффективность захватывающей способности гарнитуры (рис. 38)

В очистителях индивидуального принципа действия (серия ЧХ) это положительное качество реализовано. Наброс осуществляется в первом квадранте, в то время как, в поточных линиях УХК зона наброса смещена во второй квадрант, в зону притирочной щетки, что может привести к ухудшению условий для предварительного закрепления материала на гарнитуре и усложнит режим работы щеточного узла. Для определения основных параметров кинетики наброса летучки на гарнитуру барабана составим схему векторных скоростей в зоне взаимодействия, где α - угол наброса, V - линейная скорость

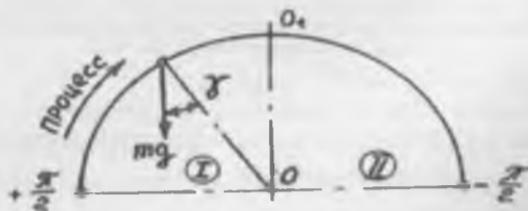


Рис. 38. Схема к определению координаты зоны наброса частицы хлопка на гарнитуру барабана в модуле очистки.

частицы хлопка. V_0 - скорость барабана (рис. 39, а, б). X - относительная скорость материала на спинке зуба пилы. Из теоремы синусов имеем

$$\frac{X}{\sin(\pi - \alpha)} = \frac{V_0}{\sin(\alpha - \beta)} = \frac{V}{\sin \beta} \quad (4.6)$$

Относительная скорость при набросе на спинку зуба составит

$$X = \frac{V_0 \sin \alpha}{\sin(\alpha - \beta)} \quad (4.7)$$

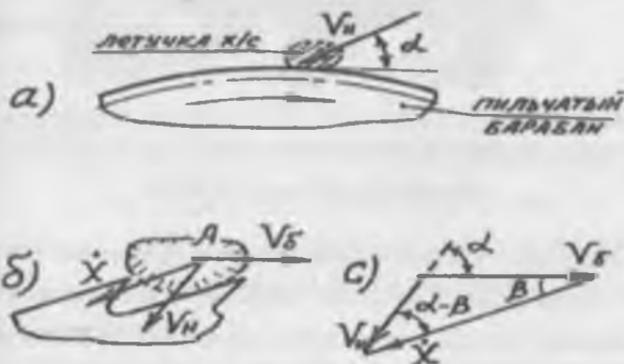


Рис 39 Кинетика наброса летучки хлопка-сырца при взаимодействии с гарнитурой барабана модуля очистки

Исследуем выражение (4.7) Максимальное значение X — возможно, когда $\alpha = \beta$, т.е. наброс будет осуществлен по касательной к задней спинке зуба, однако в таком случае, как следует из работы [70] будет происходить накалывание семян при закреплении, что является нарушением технологического процесса. Поэтому следует увеличивать значение числителя, где из $\sin \alpha$ (max) будет при $\alpha \geq 90^\circ$. Исходя из теоретических рассуждений, можно сделать однозначный вывод, что наброс материала следует осуществлять на спинку зуба на пильчатой гарнитуре барабана. Таким образом, теория процесса обозначила ориентиры при формировании координат зоны наброса материала на барабан перед притирочной щеткой. Для подтверждения наших рассуждений провели серию экспериментов на стендовой установке (Рис. 40), где наброс осуществлялся в верхней зоне барабана, с параметрами сектора наброса $\Psi = +60 + 0 - 30^\circ$

Специальные улавливающие "карманы" (в виде ниш), размещенные концентрично с зазором по дуге рабочей зоны очистителя, позволили с достаточной степенью достоверности (более 95%) исследовать закрепляющую способность гарнитуры барабана в секторе наброса



Рис 40. Стендовая установка для исследования процесса наброса частиц хлопка-сырца на garnитуру рабочего барабана

удерживающая способность которой коррелировалась с протяженностью сектора прохода материала в зоне очистки до сброса щеточным барабаном. Для объективности эксперимента использовали одиночные летучки с вариацией массы не более 5 - 7%. На стендовой уста-

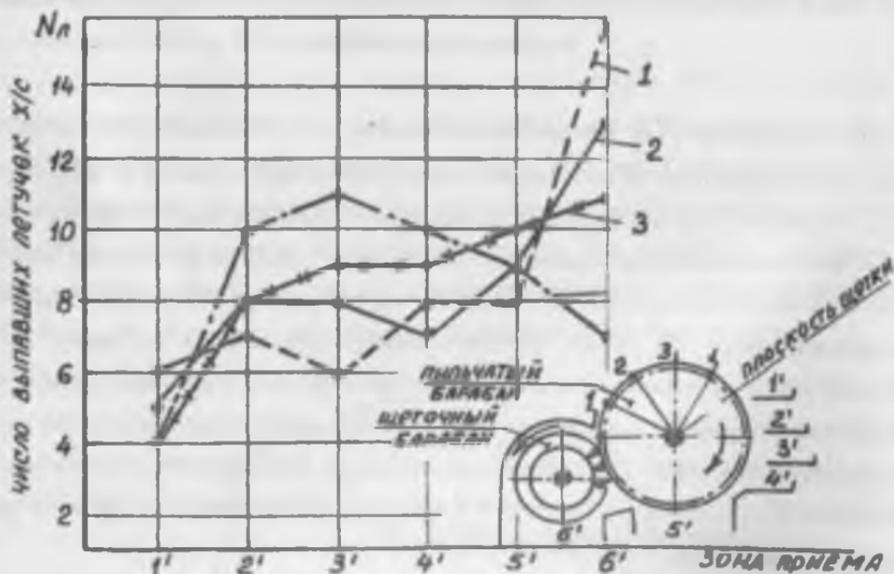


Рис 41. График зависимости количества частиц хлопка, выпавших в отходы в модуле очистки, от координаты зоны наброса волокнистого материала на garnитуру рабочего барабана

новое летучки хлопка по направлению набрасывались на спинку зубьев пил гарнитуры пыльчатого барабана имеющего линейную скорость $V=7$ м/с. Незакрепленные на гарнитуре частицы хлопка улавливались в "карманах", а 50 - кратная повторность в каждом эксперименте, позволила получить достоверные результаты (ошибка в измерениях не превышала 3 - 5%). Как видно из (рис. 41), наиболее предпочтительным, при захвате является наброс в секторах 1-2 и 2-3, вправо от оси координат барабана

Таким образом, экспериментальные данные подтвердили теоретические прогнозы при формировании сектора наброса, где следует отметить предпочтительность технического решения в очистителях серии ЧХ

4.2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАВНОМЕРНЫМ СЛОЕМ ПИТАНИЯ ХЛОПКОМ-СЫРЦОМ ПЕРЕД ПРИТИРОЧНОЙ ЩЕТКОЙ В МОДУЛЕ ОЧИСТИТЕЛЯ КРУПНОГО СОРА

Процесс ратравнивания и закрепления слоя хлопка-сырца перед очисткой описан в [7, 22, 62, 63], где исследована возможность эффективности закрепления путем модификации и разработки новых щеточных узлов

Однако при анализе работы современного оборудования отмечены неудовлетворительные условия процесса закрепления. Технологический переход в очистительном модуле не обеспечивает равномерный слой питания перед очисткой, что обуславливает повышенный уход материала в отходы, снижение эффективности очистки и образования свободного волокна. Притирочная щетка в очистительном модуле выполняет две технологические задачи - распределение структурных частиц хлопка равномерным слоем по поверхности барабана и надежное закрепление последних на гарнитуре. Модернизация питателя в очистителях ЧХ-5 усугубила режимные условия работы щеточного узла, вследствие подачи крупных комков материала в сектор приема, что, привело, как показал анализ эксплуатации очистителя, к быстрому износу щетины и снижению технологической надежности оборудования в целом. В то же время принудительный наброс частиц хлопка щеточным барабаном на гарнитуру приемного пыльчатого барабана (УХК), привел к сокращению оперативного пространства для предварительного распределения материала перед закреплением и "ужесточению" режимных условий при эксплуатации щеточного узла. Из-за выполнения двуединой технологической задачи при закреплении происходит нарушение процесса, где довольно упругая щетина на локальных участках в зоне прохода комка хлопка отклоняется, смещая его верхлежащие слои и одновременно перекручивая комок в зоне закрепления, что приводит к образованию значительных пульсирующих силовых нагрузок в системе "притирочная щетка - материал - гарнитура барабана". Особенно нежелательно

проявление их действия со стороны зубьев гарнитуры, которые при значительных размерах частиц хлопка вследствие обжатия, интенсифицируют процесс "ложного" дженирования. Известны различные способы и конструктивные решения закрепляющего узла, однако корреляция взаимоисключающих факторов при закреплении не позволила найти компромиссное решение по данной проблеме. При изучении вопроса закрепления мы исходили из общей концепции принципов поточной технологии - целенаправленной предварительной подготовки продукта к последующему переходу в технологической операции, что обусловит эффективность работы оборудования в целом.

Исходя из этой предпосылки необходимо, на наш взгляд, провести дифференциацию функциональных задач выполняемых щеточным узлом, сохранив за притирочной щеткой функцию надежного закрепления сформированного слоя материала на гарнитуре барабана, а распределение его равномерным слоем перед щеткой потребовало разработки дополнительного устройства. Нежелательное с точки зрения сохранения природных качеств хлопка и прямое увеличение рабочих элементов, вследствие снижения силовых "пульсирующих" нагрузок на материал в секторе наброса приведет к суммарному снижению пиковых нагрузок в процессе, что создаст предпосылки для улучшения технологических параметров модуля. Для выполнения поставленной задачи разравниватель должен контролировать хлопковый поток на достаточно протяженной дуге пильчатого барабана, с постепенным усилением воздействия на материал, что позволит обеспечить минимальное силовое воздействие на частицы материала в контролируемой зоне со стороны рабочих органов в процессе разравнивания, и обусловит сохранение природных качеств волокнистого материала. Таким технологическим требованиям может удовлетворить система разравнивания слоя хлопка, установленная фронтальной частью, под углом к периферии пильчатого барабана с образованием в секторе наброса клинового зазора для прохода материала в зону закрепления притирочной щеткой. Для определения основных параметров разравнивающей системы рассмотрим модель процесса, позволяющую реализовать процесс смещения слоев в комке хлопка-сырца перед притирочной щеткой (рис 42).

В модели μ и μ_1 - коэффициент трения хлопка по гарнитуре барабана и разравнивателя, C , C_1 (упругость системы). Комок хлопка-сырца, при проходе в клиновой зазор устройства обжимается (угол α). Обжатие материала изменяет параметры внешних и внутренних сил в системе, что приведет к росту потенциальной энергии в комке хлопка (E_n) и к развитию следующих ситуаций в процессе:

а) обжатие комка хлопка в зазоре на всей дуге разравнивания, накопление потенциальной энергии в продукте и, при потере контакта с разравнивателем, переход ее в

При рассмотрении динамики развития ситуации видно что заторможенная часть верхнего слоя хлопка, вследствие подхода новой порции материала из зоны наброса, начнет переуплотняться, в результате чего, в нижней зоне, прилегающей к гарнитуре барабана, возникнет значительный всплеск силового импульса со стороны гарнитуры на материал, что обусловит ухудшение качества перерабатываемого продукта. Таким образом и этот вариант технологически нецелесообразен.

г) условие смещения верхних слоев в комке хлопка разравнивателем путем последовательного приращения градиента нагрузки на материал в секторе разравнивания определяемое как $S=f(\alpha)$. В этом случае технологические требования к процессу будут реально выполнимы, так как пронос нижнего слоя материала в зазоре гарнитурой барабана исключает подпор хлопком в зазоре ($V_0 > V_p$), а последовательное смещение слоев хлопка в верхней части комка разравнивателем обеспечит равномерное распределение материала на гарнитуре барабана в секторе наброса. Для оценки составляющих параметров

рассматриваемой модели определимся с массовыми силами $\frac{mV^2}{R}$ внешними силами (реакции и трения), внутренними силами (деформации комка хлопка). Согласно условию (г), оптимальное условие протекания процесса достигается при смещении верхних слоев частиц хлопка в комке при разравнивании. Рассмотрим силы развивающиеся в модели податливость системы при обжатии $C_1 \approx C_2$, $\frac{mV^2}{R}$ - массовые силы $mg=0$ (из-за малости влияния пренебрегаем). F_1, F_2 - сила трения материала по гарнитуре барабана, N_1, N_2, N_1', N_2' - силы реакции системы, при проходе в клиновом зазоре, μ, μ' - коэффициенты трения материала о гарнитуру разравнивателя и барабана. Система может быть описана уравнениями статики и совместности деформации.

Положение I (AC)

$$1) -N_1 \cos \alpha + \mu_1 N_1' \sin \alpha + N_1 + \frac{mV^2}{R} = 0$$

$$2) \mu N_1' \cos \alpha + N_1' \sin \alpha - F_1 = 0; F_1 = \mu N_1'$$

$$3) (Z_0 - X l g \alpha) = C_1 [N_1' \cos \alpha + N_1 - N_1' * \mu \sin \alpha]$$

$$- \mu * N_1' \cos \alpha (X l g \alpha) - N_1' \sin \alpha (X l g \alpha) - \mu N_1' \sin \alpha A -$$

$$4) -N_2' \cos \alpha - N_2' * A - \frac{mV^2}{R} * \frac{A}{2} = 0 \quad (\sum M_i = 0)$$

$$1) -N_1' \cos \alpha + \mu N_2' \sin \alpha + N_1 + \frac{mV^2}{R} = 0$$

$$2) \mu N_2' \cos \alpha + N_1' \sin \alpha - F_2 = 0; F_2 = \mu_1 N_1$$

$$3) [Z_0 - (X - A) \operatorname{tg} \alpha] = C_2 [N_1' \cos \alpha + N_1 - \mu N_2' \sin \alpha] \quad (4.8)$$

Крутящий момент, при обжатии комка хлопка в клиновом зазоре разравнивателя, по условию технологического процесса отсутствует, принимаем

$$\sum M_A = 0 \text{ т.е.}$$

$$\mu N_1' \sin \alpha \cdot \frac{A}{2} - N_1' \cos \alpha \cdot \frac{A}{2} + N_1 \cdot \frac{A}{2} - \mu N_2' \sin \alpha + \quad (4.9)$$

$$+ N_2' \cos \alpha - N_2 \cdot \frac{A}{2} \leq 0$$

Рассмотрим модель процесса с точки зрения смещения слоя хлопка в комке по плоскости сдвига - dd. Из работы [3] известно, что

$$F_{сд} \geq \mu P_x + K \quad (4.10)$$

где K - сила сцепления и μ_x - коэффициент внутреннего трения и $\mu_{сд}$ - сцепления

Определим для положения (ВД) модели, сдвигающую силу $F_{сд}$

$$F_2 \geq \frac{\left\{ C_2 [Z_0 - (X - A) \operatorname{tg} \alpha] + \frac{mV^2}{R} \right\} \cdot (\mu_1 + \mu_{сд})}{2} \quad (4.11)$$

Из выражения (4.11) очевидно, что $F_{сд}$ зависит от геометрических размеров хлопка-сырца в клиновом зазоре, внутренних сил трения и массовых сил, определяемых параметрами системы. Для стабилизации процесса в разравнивающей системе необходимо соблюсти соотношение по пункту (в) технологических условий, для чего следует определить F_2 из соотношения (4.8) системы

$$F_2^{кр} \geq (\mu N_1' \cos \alpha + N_1' \sin \alpha) \quad (4.12)$$

тогда, исходя из (4.12), определим силу трения сопротивления смещению хлопка F_{2c} в гарнитуре

$$F_2 \geq \frac{C_2^1 \left\{ Z_0 - (X - A) \operatorname{tg} \alpha \right\} + \frac{m l^2}{R}}{2(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)} \cdot (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad (4.13)$$

При соблюдении соотношения (4.13) процесс разравнивания будет стабильно, без подпора со стороны элементов разравнивателя, материалом. Один из основных критериев надежности работы системы - выбор оптимального угла α -- происходит наклон рабочей плоскости разравнивателя к поверхности барабана (клиновой зазор). Значение этого угла можно определить аналитическим путем из условия ($F_2 > F_{cB}$)

$$\alpha \geq \operatorname{arctg} \frac{[(\mu_s + \mu_{ca}) - \mu]}{[1 + \mu * (\mu_s + \mu_{ca})]} \quad (4.14)$$

Аналитическое выражение (4.14) позволяет определить оптимальное значение угла наклона рабочей плоскости разравнивателя с учетом действия рассматриваемых сил в системе. Например, рассчитаем значение угла наклона для существующих модулей очистки, где $\mu = 0.3$; $\mu_s = 0.83$; $\mu_{ca} = 0.08$ [3], тогда, используя выражение (4.14), имеем $\alpha \geq 26^\circ$. Разумеется, при изменении исходного состояния продукта (особенно влажности) следует ожидать и варьирование параметром α . Поэтому рассматриваемая система должна быть управляема и иметь элементы гибкого регулирования процессом при закреплении от исходных параметров хлопка-сырца.

4.3 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРАВНИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ПО ОСНОВНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

Установлено, что повышение технологических показателей процесса и качества волокна зависит от равномерности подачи материала в машину и направленного изменения его физико-механических свойств. Реализация процесса разравнивания хлопка через притирочной щеткой - значительный резерв для достижения поставленной цели. Аналитические исследования и алгоритмы решения (раздел 4.2) позволили подойти к разработке параметров системы разравнивания. При подходе к решению технологической задачи исходили из основных критериев технологии очистки: высокая эффективность

процесса, сохранение природных качеств материала, надежность в эксплуатации и минимальная энергоемкость технологического перехода

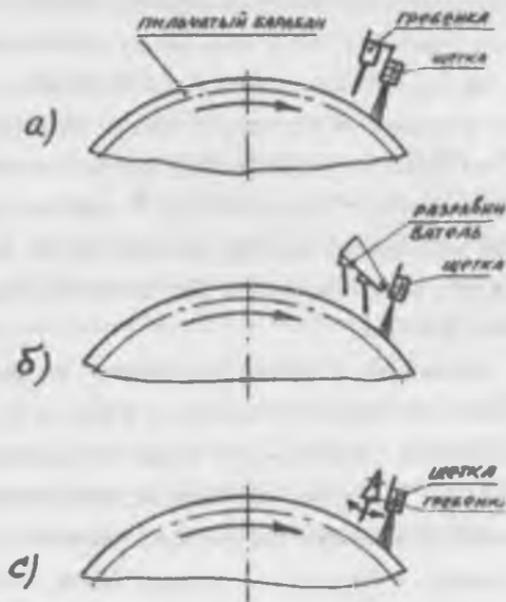


Рис 43 Схемы разравнивателей хлопка-сырца перед притирочной щеткой в модуле очистителя крупного сора

Этим условиям удовлетворяют системы разравнивателей (рис 43, а, б), где на рабочей плоскости разравнивателя смонтированы активизаторы процесса, в виде колковой гарнитуры [82]

В варианте разравнивателя (в) рассмотрено предложение по повышению эффективности процесса разравнивания путем придания колебаний активизаторам, однако на первом этапе исследуем стационарные разравнивающие системы

4.3.1 ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАВНИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ОДНОРЯДОВЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ АКТИВИЗАТОРОВ ПРОЦЕССА

Процесс подготовки хлопка-сырца к очистке в основной секции очистительного модуля зависит от множества факторов и их корреляции, поэтому с достаточной степенью уверенности можно исследовать методами планирования эксперимента. По результатам анализа работ в этом направлении, априорной информации и предварительных экспериментов на стендовой установке, где параметры толкового разравнивателя выбраны с

учетом условия процесса (высота колков - 30мм шаг в ряду колков - 25мм, диаметр колка - 6мм), выявили следующие факторы, определяющие эффективность технологического перехода расстояние концов ряда колков до притирочной щетки (X_1), угол наклона колков к радиальной плоскости барабана (X_2) и зазор между колками и пильчатой гарнитурой барабана (X_3). Известно, что частицы хлопка на гарнитуре барабана под действием массовых сил захлестываются на направлятель притирочной щетки, что вызывает подпор материала в зоне закрепления и, как следствие, нарушение технологического режима процесса. Поэтому выбор значения разводки между разравнивателем и притирочным узлом должен быть выполнен из условия минимизации влияния массовых сил на материал, находящийся в секторе наброса. Для оптимизации параметров разравнивателя провели полный эксперимент ПФЭ² по исследуемым факторам.

Критериями оптимизации в работе очистителя с разравнивающей системой выбраны K_1 - очистительный эффект, K_2 -ход летучек в отходы, K_3 -образование свободных волокон, K_4 - механическая поврежденность семян. Эксперименты провели по матрице планирования (ПФ) ² с учетом компенсации систематических погрешностей в экспериментах. В опытах использовали хлопок-сырец Ташкент-1, 2 класса, I сорта с общей исходной засоренностью, 6,4% (в т.ч. мелким сором 3,6%), влажностью 8,3%, поврежденностью семян - 1,4% и наличием свободного волокна - 0,11%. Производительность установки составила 5 т/ч по хлопку-сырцу. Результаты экспериментов обработали на ЭВМ "Искра-1256" и получили следующие уравнения регрессии процесса

Таблица 4 2

| Факторы | Обозначения | Уровень варьирования | |
|--|-------------|----------------------|--------|
| | | Верхний | Нижний |
| -Разводка между разравнивателем и притирочной щеткой, мм | X_1 | 45 | 25 |
| -Угол наклона колков к продолжению радиуса барабана, град | X_2 | 30 | 15 |
| -Технологический зазор между колками и гарнитурой барабана, мм | X_3 | 20 | 12 |

$$1 R = 6,783 + 1,091X_1 - 8,533X_2 - 1,786X_3 + 8,99X_1X_2 - 1,583X_2X_3$$

$$2 K = 1,52 - 0,52X_2 - 0,16X_3 - 1,03X_1 - 0,56X_1X_2 - 0,22X_1X_3 - 0,21X_2X_3$$

$$3 K = 1,532 - 3,75X_2 - 2,208X_3 - 3,75X_1X_2 - 6,25X_1X_3 + 3,75X_1X_2X_3$$

$$4 K = 1,79 + 1,583X_1 - 1,33X_2 - 1,733X_3 - 2,75X_1X_2 + 5,51X_2X_3 + 1,08X_1X_2X_3$$

Поиск параметров оптимизации проведен методом крутого восхождения. Наилучшие результаты получены на верхних всех исследуемых факторов. Полученные результаты позволяют определить оптимальные параметры разравнивателя

- расстояние от конца колков до щетки - 45 мм,
- технологический зазор между барабаном и колками - 20 мм,
- угол наклона оси колков к радиусу барабана - 30°

Для оценки влияния системы разравнивания на основные показатели процесса провели дополнительную серию экспериментов, разделив дугу очистки в модуле на несколько зон (рис. 43, а). Эксперименты оставили в пяти повторностях с доверительной вероятностью не менее 0,95. Полученные данные представлены в виде гистограмм (рис. 44). Сравнительный анализ по выходным параметрам в рассматриваемых системах показал, что общий очистительный эффект в модуле очистки вырос на 6,3% (абс.), в т.ч. по крупному сору - на 7,14%. Намечилась тенденция к снижению ухода материала в отходы (на 4,5% абс.) и образования свободного волокна (процесс "ложного джинирования") на 16-18% относительно. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования нового технологического перехода в модуле очистителя крупного сора.

4.3.2 РАЗРАБОТКА ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВАРИАНТА РАЗРАВНИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Теоретические и экспериментальные исследования системы разравнивания позволили установить основные их параметры. Однако предварительные исследования разравнивателя с однорядовым расположением колков показали недостаточность их использования - наблюдался подпор материалом зоны разравнивания, что привело к "ужесточению" процесса. Поэтому необходимо увеличить протяженность сектора разравнивания за счет увеличения числа рядов колков в рабочей зоне процесса.

Приводим двухрядное расположение колковой гарнитуры со следующими параметрами

- наклон рабочей плоскости разравнивателя к барабану, - 30° ,
- количество рядов колков в разравнивателе - 2 шт,
- шаг установки колков в ряду - 50 мм,
- диаметр колков - 8 мм,
- высота колков - 50 мм,
- расстояние между рядами колков - 60 мм,
- зазор между концами колков и гарнитурой барабана

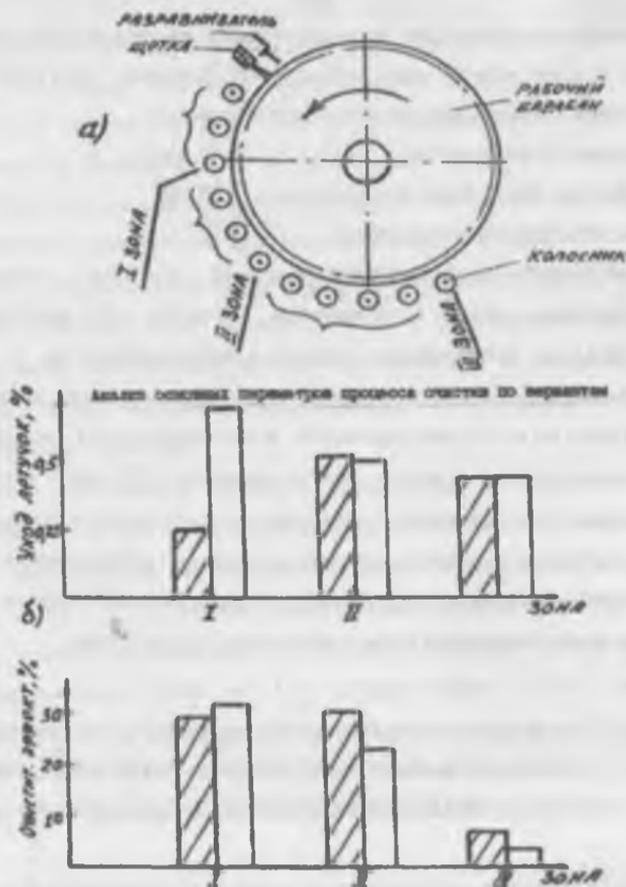


Рис 44 - существующая схема наброса - предлагаемая схема

а/ в первом ряду (по ходу процесса) - 30 мм.

б/ во втором ряду - 15 мм.

- Зазор между притирочной щеткой и прилегающими колками - 45 мм

По основным технологическим параметрам системы исследования на хлопке-сырце разновидности 6524, 2 класса, 1 - сорта со следующими характеристиками: общая засоренность - 9,15%, в т.ч. по крупному сору - 2,75%, влажность - 8,4%, содержание свободного волокна - 0,14%, исходная поврежденность семян - 1,8%. Испытания проводили на полнопрофильной стендовой установке с консольным расположением рабочих органов, где начальная масса пробы хлопка регламентировалась объемом шахты-накопителя, но была достаточна для стабильного протекания техпроцесса ($m=3\text{кг}$) и получения

достоверной информации. Анализ экспериментальных данных показал, что установка разравнивающего устройства перед притирочной щеткой повышает общий очистительный эффект модуля на 2,48% (абс.), а выделение крупных сорных примесей - 4,7% (абс.). Значительно снижается содержание свободного волокна в хлопке-сырце (на 0,09%, абс.) и летучек в отходах на 12 - 15% (отн.). Это, свидетельствует о щадящем режиме протекания технологического процесса при подготовке материала к очистке в колосниковой зоне модуля и подтверждает целесообразность выбранного направления.

Для повышения надежности при эксплуатации разравнивателя в дальнейшем следует предусмотреть установку колков на упругом основании с возможностью отклонения при проходе крупных сорных примесей (минерального происхождения и т.п.) в зоне разравнивателя. При разработке опытно-экспериментального варианта разравнивающего устройства для промышленности (с учетом производительности серийных модулей очистки) зазоры в рядах колков и поверхностью увеличивали соответственно до 40 и 20 мм. Провели оценку влияния установки разравнивателя на основные технологические параметры процесса, а также кинетику структуры хлопка-сырца в модуле очистки. Методика проведения опытов предусматривала подготовку исследуемого образца хлопка с заданной структурой и была апробирована нами ранее [13]. Исходный коэффициент структуры в образцах хлопка был идентичен и составлял $K=0,482$. Анализ результатов опытов показал устойчивую динамику разукрупнения хлопка-сырца. Вариант с разравнивателем создает щадящий режим работы узла с материалом. Так $K=0,766$, в то время как на серийных очистителях $K=0,815$ и отмечался рост одиночных летучек и содержания свободного волокна в отходах.

Итак, результаты экспериментальных исследований подтверждают технологическую целесообразность во введении нового технологического перехода - подготовки материала к закреплению на гарнитуре барабана в модуле очистителя.

4.4 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И РАЗРАБОТКА ЗАКРЕПЛЯЮЩИХ ЩЕТОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Надежное закрепление частиц хлопка-сырца на гарнитуре пильчатого барабана в модуле очистителя один из основных факторов повышения эффективности основного процесса. Захватывающая и удерживающая способность гарнитуры барабана зависит от ряда факторов конструкции закрепляющего устройства, диаметра барабана, параметров гарнитуры и т.п., все эти факторы коррелируют со свойствами хлопка, его подготовленностью к технологическому переходу. Известно, что образование одиночных летучек в процессе велет

к росту потерь материала в отходах из-за неудовлетворительной степени закрепления и вероятности виртуального перемещения частиц материала при закреплении на щетке. Анализ ряда исследований и априорная информация по работе оборудования в промышленности [13] позволили установить закономерность роста содержания материала в отходах от класса и сбора исходного сырья, где, как правило, хлопок низкого класса проходит более интенсивную обработку, что является причиной увеличения доли содержания летучек в материале, а ослабленные связи между летучками в частицах хлопка приводят к эффективной дифференциации частиц при взаимодействии с рабочими элементами модуля очистки.

Таким образом, хлопковая масса, проходящая через модуль очистки по изначальным параметрам имеет различный структурный состав. Так, известно [13], что градиент коэффициента структуры в хлопке первого и второго классов, определяемый как отношение числа летучек N в выборке к количеству структурных единиц M в навеске, т.е. $K = \frac{N}{M}$ колеблется в пределах соответственно, 3,8 и 3,2, где просматривается четкая тенденция в увеличении числа мелкоструктурных частиц при понижении класса хлопка-сырца. Определена также неадекватность закрепляющей способности притирочного узла при закреплении комков хлопка с различными геометрическими параметрами. Существующие конструкции притирочного узла не учитывают изложенных выше факторов, что, в итоге, снижает эффективность процесса. Разработка разравнивающего устройства обусловила разделение функциональных задач в технологическом переходе, где притирочная щетка выполняет функцию закрепления частиц материала на garniture барабана. Вследствие этого закрепляющая способность будет определяться числом зубьев garniture барабана ("пятном контакта"). В [13] установлено, что при заданной ориентации "пятна" контакта число зубьев Z , взаимодействующих с наброшенной частицей хлопка, может быть вычислена из соотношения (рис. 45)

Параметры исследования «пятна» контакта

$$Z = \sum_{l=1}^S E\left(\frac{H}{l}\right) \cdot E\left(\frac{l}{l}\right) \quad (4.15)$$

где l - величина шага зубьев garniture, S - число рядов зубьев, l - размер сечения пятна, E - элементарная функция. Число Z должно быть целое, случайное, а колебание его значений ограничено. Для более надежной оценки числа зубьев в "пятне" контакта ввели величину, являющуюся функцией случайных координат положения пятна, т.е. некоторую среднюю математическое ожидание средней арифметической выборки из последовательных

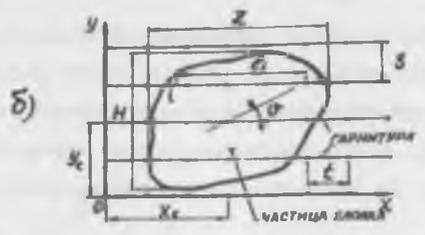


Рис. 45 Стендовая установка для изучения «пятна» контакта частицы хлопка с garniture рабочего барабана

повторных набросов частиц площадью F на garniture с характеристиками l и S , т.е.

$$Z_{cp} = \frac{F}{l \cdot S} \quad (4.16)$$

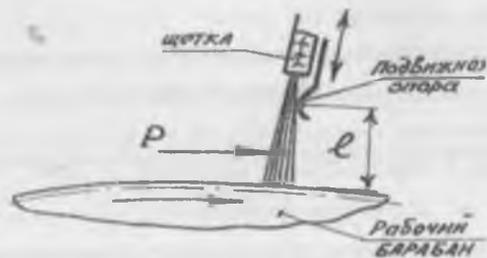
Оценка приведенного параметра по предлагаемому критерию достаточно надежна, так, ошибка измерений при относительно малой выборке ($N=20$) составила при $P=0.95$, $\delta=2-3.5\%$. Результаты теоретических исследований использовали при проведении экспериментов. В модулях очистителей в поточных линиях УХК и индивидуального действия как правило, используются закрепляющие устройства стационарного принципа действия, в виде притирочных щеток. Консольная установка щетки ("вылет" щетины) определяет ее жесткостные характеристики, которые коррелируют с длиной вылета щетины [1], а также толщиной пучка по дуге прохода материала (t). В процессе эксплуатации щеточного узла, щетина изгибается, где стрела прогиба щетины изменяется с размером комка, проходящего в зазор, вследствие чего величина изгиба является переменной и может быть выбрана как параметр регулирования. Как показали исследования, влияние этого параметра на увеличение "пятна" контакта в хлопке высокого класса незначительно. Однако существенная трансформация структурного состава материала низких классов, где доминирует значительное число одиночных летучек (до 25%), привело к росту ухода

последних в отходы, что вызывает технологическую необходимость в "ужесточении" режима закрепления

Таким образом, щеточный узел должен содержать элемент, регулирующий жесткостные характеристики щетки в зависимости от класса и разновидности хлопка. Стрела прогиба консольно установленной щетины описывается известным уравнением упругой оси и определяется зависимостью деформации от приложенной силы, длины вылета щетины и характеристик материала

$$\gamma = \frac{2P \cdot l^3}{3EJ} \quad (4.17)$$

где, P-усилие приложенное к щетине, l- длина вылета щетины; E - модуль упругости при изгибе, J - момент инерции относительно нейтральной оси. В известных закрепляющих системах для регулирования жесткостных характеристик процесса наиболее целесообразно согласно выражения (4.17), длина вылета щетины l, где ее влияние значительно. Изменение же момента инерции щетки (J), зависящей от диаметра моноволокна, не является значимым



А- схема устройства для управления процессом закрепления материала на гарнитуре рабочего барабана



Рис 46 Б - стеновая установка для изучения влияния жесткости щетины щетки

и ведет к усложнению конструкции регулирующего устройства. Экспериментальными исследованиями по параметру [1] установлено, что деформация пучка в серийных щетках с $l=35$ мм в 1.68 раза меньше, чем в модулях очистки (серии ЧХ), что подтверждает правильность теоретических посылок в выборе параметра регулирования. Изменить "жесткостную" характеристику щетки можно путем изменения координаты контакта опоры на нерабочей стороне, с плоскостью щеточного устройства путем установки опорного устройства эксцентрикового типа (рис 46). Анализ результатов эксперимента подтверждает математическое ожидание эффективности процесса регулирования по выбранному параметру.

Апробация предложения на лабораторной установке подтвердила эффективность регулирования, по нашему предложению, уход материала в отходы, по сравнению с серийным узлом, снизился на 6.7% (относительно), при сохранении природных качеств материала. В дальнейшем эту систему можно использовать для формирования АСУ в технологическом процессе хлопкозавода

Таблица 4.5

| Показатель | Размер вылета, l в мм | Количество летучек в связи, шт | | | |
|--|-----------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Число зубьев гарнитуры барабана в "пятне" контакта материала, шт | До щетки | 4.55 | 6.92 | 10.82 | |
| | После щетки, l=70 | 4.48 | 7.1 | 11.03 | |
| | | 4.51 | 7.34 | 12.36 | |
| | | 4.62 | 7.67 | 12.62 | |
| | | l=50 | 4.62 | 7.39 | 12.58 |
| | | 4.67 | 7.75 | 12.62 | |
| l=35 | 4.65 | 7.54 | 12.84 | | |
| | 4.68 | 7.69 | 12.8 | | |
| Число сцепленных с волокном зубьев гарнитуры барабана, шт | l=70 | 2.54 | 3.76 | 4.83 | |
| | 2.41 | 4.22 | 5.42 | | |
| | l=50 | 2.63 | 3.87 | 4.96 | |
| | 2.47 | 4.35 | 5.48 | | |
| | l=35 | 2.66 | 3.92 | 4.98 | |
| | 2.64 | 4.52 | 5.46 | | |

Примечание. В числителе - угол наклона плоскости щетки к радиусу барабана $\alpha = 0^\circ$, в знаменателе - 40°

4.5 МЕХАНИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ В КОЛОСНИКОВО-ПИЛЬЧАТОЙ ОБЛАСТИ МОДУЛЯ ОЧИСТИТЕЛЯ КРУПНОГО СОРА

Основная технологическая операция – отделение сорных примесей – реализуется на дуге очистки в зоне установки колосниковой решетки. Технологическими требованиями к процессу предусматривается полное выделение крупного сора с попутным отделением и мелких сорных примесей, не допускается процесс “ложного” джинирования. Воздействие рабочих элементов модуля не должно приводить к повреждению волокнистого материала. Компонировка модулей очистки в составе линейно-ноточных технологий переработки хлопка-сырца повысила требования к соблюдению технологического режима, что обусловило разработку высокоэффективных, надежных в эксплуатации, конструктивных элементов в колосниковом секторе очистки. Диалектика совершенствования колосникового узла в модуле очистки от крупного сора описана в работах [7, 13, 38, 39]. Так, в [7] обозначены основы теории технологии очистки хлопка, где некоторые аспекты теоретико-экспериментальных разработок в части ударных взаимодействий частицы хлопка с колосником процесса закрепления материала на гарнитуре барабана и анализ ухода материала в отходы проведены при участии автора и опубликованы в [37]. Переход от трапециевидного профиля колосников (ЧХ-3М), где плоская протяженная грань препятствовала перориентации черешков в межколосниковые зазоры и стимулировала процесс образования свободного волокна, на круглый профиль (ЧХ-3М2), в некоторой степени устранило указанные недостатки. Однако потеря рабочей грани на колоснике в современных очистителях привела к снижению избирательной способности профиля колосника к выделению мелких сорных примесей, достаточно прочно связанных с волокнистой частью материала. Этот недостаток на хлопкозаводах компенсируется прямым увеличением числа модулей очистки или установкой дополнительных очистителей, что в итоге приводит к снижению качества волокнистого материала.

4.5.1 АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА ПРОФИЛЯ КОЛОСНИКОВ С ВЫСОКОЙ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ К СОРОВЫДЕЛЕНИЮ

Теоретические исследования многоугольного профиля колосников и опыт эксплуатации очистительных модулей в промышленности, создали предпосылки к разработке нового профиля колосника синтезирующего положительные качества известных технических решений. Технологические требования к процессу очистки определили критерии в разработке высокая избирательная способность к соровыделению, сохранение природных качеств продукта, надежность в эксплуатации. Этот профиль, должен сочетать положительные качества цилиндрических колосников (активных в выделении сор-

в цилиндрической формы) и колосников с четко выраженной рабочей гранью, эффективно вычищающей мелкие сорные примеси из материала. При решении технологической задачи определим два направления в исследовании: разработка на базе цилиндрической формы колосника, активизаторов процесса и создание комбинированного профиля, сочетающего в себе сопряженные по ходу процесса элементы рабочей грани и радиусного профиля колосника. По первому направлению основным технологическим критериям соответствует профиль колосника, предлагаемый в работе [59], где на цилиндрической поверхности колосника выполнены выступы, ориентированные под углом к движению материала. Эффективность процесса очистки будет обусловлена порогом сопротивления для прохода сорных примесей (особенно мелких фракций), активизаторами процесса (выступами) на рабочей поверхности колосника (рис 47). Геометрические параметры активизаторов коррелируют с силами сопротивления перемещению и изменению координаты положения летучки хлопка на поверхности барабана (F_r , $F_{сч}$), а также зависят от угла наклона выступов к оси колосника, состояния рабочей поверхности и шага расположения выступов на колоснике.

Результаты анализа процесса взаимодействия летучки с активным профилем колосника показали, что увеличение шага между выступами до размеров, превышающих размер летучки хлопка (рис 47, б), приведет к появлению крутящего момента M (вследствие действия силы F_r) и виртуальному перемещению летучки на угол, определяемый пределом упругопластической деформации волокон, закрепленных на гарнитуре барабана. Это создаст баланс сил в пучке волокон, закрепленных на зубе пилы, т.е. $F_H^A \geq F_{сч}$. Асимметричный характер нагрузки в пучке волокон приведет к резкому росту силовых нагрузок на волокна, находящиеся в зоне взаимодействия с выступами, что может вызвать повреждение отдельных волокон (т.е. реализуется процесс “ложного” джинирования). Кроме этого, реакция сил $F_{сч}$, обусловит возникновение колебательного движения летучки вокруг точки закрепления на зубе, что ослабит связи между летучками в частицах хлопка-сырца и создаст вероятность срыва их с гарнитуры барабана, вследствие этого шаг между выступами (рифлями) на колосниках должен быть меньше летучки хлопка, т.е. $H < Q$. Угол наклона рифлей и чистота их обработки – определяющие факторы в формировании поля сил трения в зоне контакта материала с поверхностью колосника.

Высота выступов с учетом основных ударных процессов, согласно требованиям технологии очистки от крупных сорных примесей, не должна превышать 3-5мм (среднестатистические размеры мелкого сора), в противном случае профиль выступов будет оказывать активное влияние на качество волокна и семян.

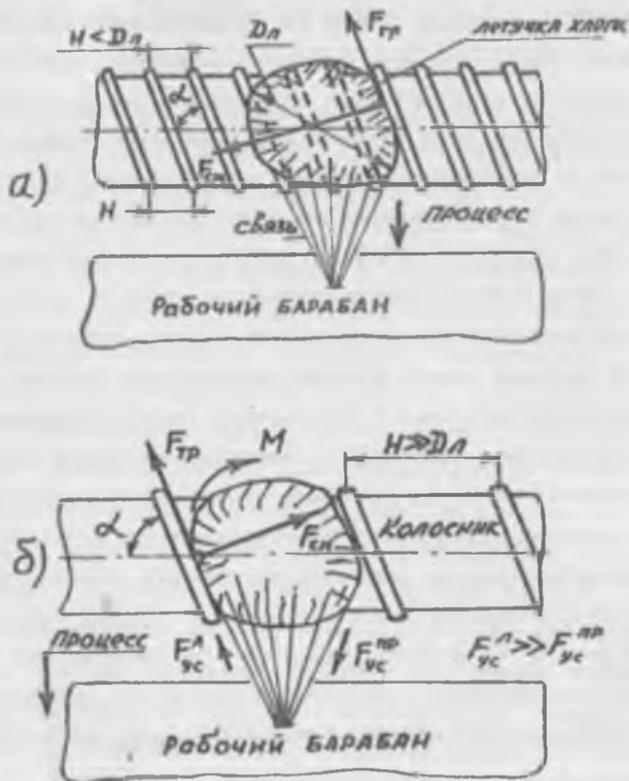


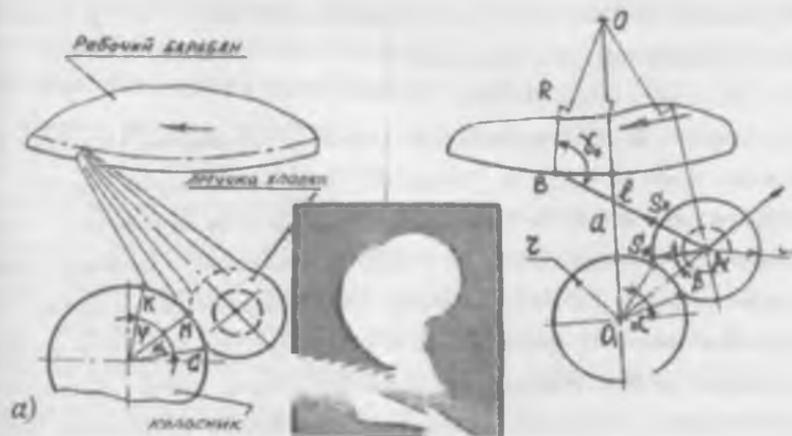
Рис 47 Схема процесса взаимодействия летучки хлопка с рифленным профилем колосника
 а – шаг между рифлями меньше размера летучки, б – превышает размер летучки

Угол наклона выступов к оси колосника, как видно из рис 47, активно влияет на процесс сопротивления перемещению летучки по рабочей поверхности колосника, одновременно этот параметр в значительной степени коррелирует с интенсивностью сороотделения. Компромиссное решение, на наш взгляд, должно находиться на "пороге" сопротивления обусловленного коэффициентом трения, т.е. $\operatorname{tg} \alpha \geq \mu$ [3]. Коэффициент трения хлопка по металлу $\mu = 0,3$ (3), поэтому угол наклона составит $\alpha \geq 17^\circ$, в этом случае влияние выступов на динамику движения хлопкового потока будет минимальным. Изменение же ориентации выступов в смежных колосниках (на противоположное) создаст условия для проявления разнонаправленных силовых воздействий на материал при перемещении по колосникам, что повысит их избирательную способность к соровыделению из-за устранения монотонности воздействия со стороны рабочих элементов на продукт.

Одним из основных факторов эффективности технологического процесса является потеря частиц материала в отходах. Ранее [13] при исследовании закрепления хлопка-сырца на гарнитуре барабана в модуле очистки были установлены факторы, влияющие на удароустойчивую способность пыльчатой гарнитуры и уход летучек в отходы. Однако для понимания механизма образования одиночных летучек и ухода частиц хлопка в отходы через межколосниковые зазоры, мы рассмотрели процесс силового взаимодействия летучки хлопка с колосником, а также провели серию экспериментов, позволяющих установить влияние его конфигурации на уход материала в отходы.

Рассмотрим процесс взаимодействия летучки хлопка, закрепленной на гарнитуре барабана с поверхностью колосника [67]. Очевидно, при свободном движении на летучку, закрепленную на гарнитуре, действуют силы воздушного сопротивления и массовые силы, которые вызывают натяжение связей (S). Далее, при взаимодействии летучки с колосником на связях возникает силовой импульс, вследствие охвата материалом поверхности колосника (Эйлеровы силы). Общее натяжение волокон от сил сопротивления равно сумме двух слагаемых сил (рис. 48), т.е.

$$S = S_{KM} + S_{KS} \quad (4.18)$$



составляющей. На участке MC сила сопротивления равна ($S = N e^{\mu \alpha}$), где N- сила реакции опоры, α -угол охвата летучкой дуги MC колосника, μ - коэффициент трения волокна по колоснику. В данном случае следует найти время взаимодействия летучки с колосником, которое можно определить из равенства количества движения с учетом различной степени жесткости системы "семя-волокно". После преобразования уравнение импульса сил (4 18) можно представить в виде:

$$S = S_0 \cdot l^m + \frac{2q\gamma\mu}{1 + \mu^2} (l^m + \frac{1 - \mu^2}{2\mu} \sin \varphi - \cos \varphi) + 2mn\mu \cdot \cos \beta \cdot K^1(1 + K) \cdot \sqrt{R^2 + l^2 - 2Rl \cos \varphi_0} \tag{4 19}$$

где m - сосредоточенная масса летучки, q - масса пучка к единицы длины, γ , α - углы охвата на дугах KM и MC, l - длина дуги связи, R - радиус пильчатого барабана, φ - угол отклонения прядки от радиуса, ω - угловая скорость вращения барабана, K- коэффициент восстановления материала, $K = \sqrt{\frac{C}{m}}$, c - приведенная жесткость системы "семя - волокно".

$\text{COS} = \text{COS}(\gamma, \gamma^1, R, l, \varphi)$ - угол между направлениями сил инерции и реакции системы. Для профиля колосников с активной рабочей поверхностью при перемещении летучки хлопка возникает дополнительный импульс сил от реакции выступов ($F_T = F_{ca} \cdot \mu$) (рис 47), тогда уравнение (4 19) можно представить в виде

$$S = S_{KM} + S_{MC} + S_{TP} \tag{4 20}$$

$S = F_{TP} \cdot t$, здесь t - время взаимодействия летучки с колосником. Используя методику разработанную нами в [37], на стендовой установке, записали процесс ударного взаимодействия закрепленной на гарнитуре барабана летучки хлопка-сырца с колосником круглого и рифленого профилей (20мм), а также трапецевидного профиля (с параметрами установки на очистителе ЧХ-3М). Все повторности экспериментальных данных обработали на ЭВМ, ошибка опытов в экспериментах не превышала 5%, результаты представлены в табл 4 6. Анализ данных исследований позволяет сделать выводы о неоднозначности параметров ударных импульсов в рассматриваемой группе колосников. Так, ударный импульс при взаимодействии летучки с рифленным профилем колосника (Гост 5781-75) несколько выше, чем круглого профиля, что согласуется с теоретическим алгоритмом процесса, описанным в [7]. Вследствие того, что эксперименты проводились с использованием низкочастотной регистрирующей аппаратуры, неадекватно отражающей результаты экспериментов, нами была разработана методика регистрации ударных процессов и высокочувствительный датчик, позволяющий получить достоверные результаты параметров ударного процесса, описанного в [37]. Так, в рабочем диапазоне

скоростных режимов пыльчатого барабана ($V=7$ м/с) сила удара составила $P=0.54$ н, а ударный импульс $S=3 \cdot 10^{-3}$ нс, для колосника $\varnothing=20$ мм цилиндрической формы

Таблица 4.6

| Показатель | Профиль | | |
|--|---------|----------|----------------|
| | круглый | рифленый | Трапециевидный |
| Частота собственных колебаний датчика, с | 448.08 | 510.4 | 485.3 |
| Масса, кг | 0.00763 | 0.00703 | 0.00687 |
| Амплитуда размаха, м | 0.00308 | 0.00315 | 0.00412 |
| Ударный импульс, нс | 0.01061 | 0.0113 | 0.01373 |
| Сила удара, н | 1.326 | 1.412 | 1.716 |

Экспериментальные данные подтвердили неадекватность результатов с известными теоретическими зависимостями, но тенденция разноразмерности значений, по исследуемым параметрам сохранилась. Динамика образования одиночных летучек и процесс их ухода в межколосниковые зазоры рассмотрены нами в [67], где единая структура исследуемых проб и окраска одиночных летучек в пробе позволили с достаточной степенью достоверности изучить влияние факторов процесса на выделение летучек в отходы и кинетику структурного состава пробы, после пропуски через модуль очистки. Установлено, что содержание одиночных летучек увеличивается из-за разрыва связей в структурных частицах хлопка-сырца и значительных силовых импульсов при взаимодействии с колосниками очистителя. Однако процент одиночных летучек, ушедших в отходы, к их общему количеству, образовавшихся в процессе, составил для круглого и рифленого профилей, соответственно 4.44% и 5.2%. Это косвенно подтверждает увеличение ударного импульса на материал со стороны поверхности нового профиля колосника, вместе с тем замечено общее снижение содержания материала в отходах. На первый взгляд, здесь обозначилось противоречие, так как увеличение ударного импульса (за счет роста сопротивления перемещению по колосникам), обуславливает увеличение ухода материала в отходы, однако такая тенденция проявляется в незначительной степени, при уходе одиночных летучек в межколосниковые зазоры. Для понимания явления и устранения противоречия в процессе образования волокнистых отходов, на полнопрофильной стендовой установке модуля очистки провели дополнительную серию экспериментов по исследуемым профилям. Основные технологические параметры модуля очистки идентичны промышленным

образцам Исследования проводили на хлопко-сырце разновидности 6524 2 класса, 1 сорта, со следующими исходными характеристиками: общая засоренность – 9,36%, в т.ч. крупного сора – 2,72%, влажность – 8,3%, содержание свободного волокна – 0,071% и поврежденных семян – 0,92%. Опыты ставили в пяти повторностях при исходной массе в каждой пробе $m=3$ кг, она (регламентировалась объемом шахты-накопителя) и была достаточна для стабильного протекания процесса. Анализ результатов экспериментов показал, что установка колосников с повышенной избирательной способностью к сорывделению (профиль по Гост 5781-75) улучшает основные технологические характеристики модуля очистки. Следует отметить увеличение интенсификации процесса очистки при разнонаправленной ориентации рифлей в смежных колосниках. Так, установлен прирост очистительного эффекта на 5-7% в основном за счет выделения мелких сорных примесей при практически одинаковом проценте образования свободного волокна и поврежденных семян. Следует отметить и тенденцию к снижению потерь хлопка в отходах в среднем на 22,6% на рифленном профиле колосниковой решетки по сравнению с круглым (существующим) профилем. Это объясняется, на наш взгляд, ростом сопротивляемости колосниковой постели перемещению хлопковой массы, в результате чего частицы материала дозакрепляются на garnитуре барабана и равномерно распределяются на его периферии. Для полной оценки влияния профилей колосников на технологические параметры очистки провели серию экспериментов по кинетике структуры хлопко-сырца при пропуске через исследуемый модуль очистителя. Ассортимент структурных составляющих в каждой пробе для объективной оценки результатов, был четко регламентирован и определялся по известной методике [13], где коэффициент структуры проб хлопка составлял $K=0,482$. После пропуски через стендовую установку по схемам 1 и 2 (табл. 4.7) полученные результаты определили устойчивую тенденцию к снижению коэффициента структуры в пробе по схеме 2 ($K_1=0,809$ и $K_2=0,819$), причем, произошла трансформация качественного состава структуры хлопка, где по второму варианту, доля крупноструктурных частиц уменьшилась, а число частиц хлопка, имеющих по 2-5 летучек в связи значительно выросло. Такая структурная формула хлопкового потока оптимальна для последующей технологической операции - процесса дженирования. Испытания колосниковой решетки на серийных очистителях ЧХ-3М2 с профилем колосника по Гост 5781-75 на хлопкозаводе подтвердили целесообразность применения предложения в промышленности.

4.5.3 ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ХЛОПКА-СЫРЦА НА ПИЛЬЧАТОЙ ГАРНИТУРЕ РАБОЧЕГО БАРАБАНА В МОДУЛЕ ОЧИСТКИ

При переработке хлопка-сырца образуются значительные возвратные и невозвратные потери волокнистой массы на всех этапах технологического процесса. Известны работы по изысканию путей снижения потерь материала в модулях очистителей крупного сора [7, 13, 40-44]. При эксплуатации линейно-поточных линий очистки на хлопкозаводах, установлена потеря волокнистой массы в отходах 0,5-1,5% от общей массы хлопкового потока. Поэтому, согласно технологическому регламенту переработки хлопка, предусмотрена повторная регенерация частиц хлопка из сорных примесей на батарейных регенераторах (серии РХ). Недостаток такой технологии - снижение качества продукта из-за многократного воздействия рабочих элементов модуля на материал, что обусловлено порокообразованием в материале и низким содержанием свободного волокна (продукт "ложного" джинирования) в отходах. Кроме того, эффективное засорение волокнистой массы в отходах с сорными примесями, требует усиления мощности очистительного оборудования. Ранее рассматривались технологическая надежность элементов в модуле очистки [67], однако основным функциональным органом, обеспечивающим удержание материала, при его транспортировании по колосниковой решетке, является гарнитура пыльчатого барабана. Исследованы и установлена [7,40] оптимальные параметры гарнитуры рабочего барабана с позиции определения захватывающей способности и эффективности процесса. Значительные разработки по механико-математическому моделированию процесса проведены при рассмотрении съема хлопка-сырца шпинделями хлопкоуборочных аппаратов [62], позволяющие подойти к проектированию гарнитуры рабочего шпинделя. Однако значительные различия в реологии исходного сырья и технологических требований к процессу не позволяют адекватно использовать теоретические модели в модулях очистки к линейно-поточной технологии на хлопкозаводах. К гарнитуре барабана при эксплуатации на хлопкозаводах предъявляются следующие технологические требования: обеспечение надежного и прочного охвата частиц хлопка-сырца гарнитурой барабана, не допускается "размазывание" волокнистой массы на гарнитуре барабана в зоне наброса и предварительного закрепления перед притирочной щеткой, не допускается миграция частиц по поверхности барабана в зоне очистки (ведет к порокообразованию и потере материала в отходах), необходимо обеспечить удовлетворительный съем материала после очистки. Специфика технологических требований накладывает особые условия к формированию профиля гарнитуры пыльчатого барабана в модуле очистки. Ранее [13] были изучены факторы, влияющие на захватывающую и удерживающую способности пыльчатой гарнитуры и установили характер их проявления в процессе. Определена корреляция основных параметров гарнитуры очистителя. Выполнение технологических требований, на наш взгляд, возможно в случае осуществления внешней разводки зубьев на барабане. При

исследовании удерживающей способности джиновой пилы профессор Б. А. Левкович [24] предложил внутреннюю разводку зубьев пил (путем снятия фасок), что сохраняет плоскость пилы - основное условие процесса. В нашем случае, технологический процесс допускает выполнение внешней разводки зубьев пил в гарнитуре, вследствие чего разработали новый профиль гарнитуры [69]. Рассмотрим механико-математическую модель процесса захвата частицы хлопка-сырца с разведенным профилем гарнитуры (рис. 49). В модели процесса на частицу хлопка, наброшенную на барабан, действует сила $P = f(m, V_0, F_{\text{вк}})$ в клиновом зазоре, при этом развиваются силы реакции связей и трения, препятствующие закреплению частицы на гарнитуре. Условие для закрепления, очевидно, будет иметь вид $P > F_c$, только в этом случае частица хлопка способна удержаться на гарнитуре барабана.

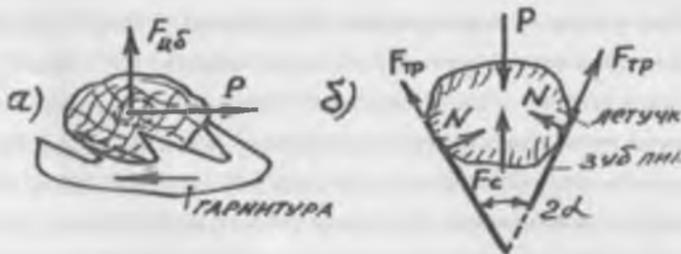


Рис. 49 Условия закрепления летучки хлопка на разведенной гарнитуре рабочего барабана в модуле очистки

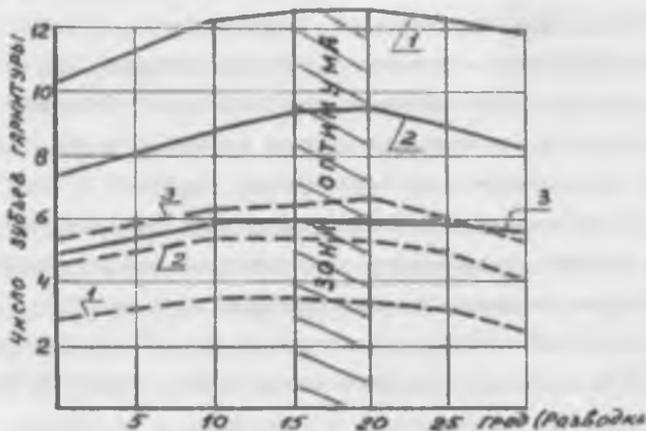


Рис. 50 График зависимости эффективности захвата материала гарнитурой барабана от угла разводки в смежных зубьях

Технология процесса обуславливает захват зубьями пил волокнистого покрова летучки хлопка. В противном случае, при обжатии последней в клиновом зазоре, массовые силы могут сбросить летучку с периферии барабана и она уйдет в отходы. Следовательно, процесс закрепления должен сопровождаться накалыванием волокнистого покрова зубьями пил. Вкалывание зуба и перемещение летучки в клиновое зазор будет сопровождаться ростом плотности материала, а надежность захвата материала зубьями гарнитуры определяется с глубиной захода вершины зуба в покров летучки хлопка.

Таким образом, одно из основных условий вкалывания зуба пилы параметры угла α (рис. 49, б), определяющего разводку смежных зубьев гарнитуры. Установлено [70], что реализация процесса вкалывания зуба пилы в частицу хлопка возможна при отклонении линейной скорости вершины зуба от биссектрисы угла заострения на угол $2\alpha \leq 90 - (\varphi + \psi)$, где ψ - угол заострения зуба, φ - угол трения хлопка-сырца по зубу пилы и определяет степень активности гарнитуры. Для нашего случая, когда $\alpha = 20^\circ$ и $\operatorname{tg} \varphi = 0,3$ из [3], определим угол вкалывания зуба $2\alpha \leq 90 - (20 + 17) = 53^\circ$, тогда для одного зуба отклонение от общей плоскости составит $\alpha \leq 26,5^\circ$. Превышение этого параметра приведет к процессу обжатия волокнистого покрова в клиновом зазоре без накалывания его гарнитурой барабана. При перемещении летучки в клиновом зазоре гарнитуры определим параметры заглупления материала по формуле

$$X = \frac{P}{2C \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \mu} \quad (4.21)$$

где C - жесткость материала, X - координата перемещения, α - угол разводки в смежных зубьях.

Учитывая, что P , μ и C - величины постоянные, переменной величиной является угол α , при котором с увеличением угла α степень заглупления зуба пилы в материал будет уменьшаться.

На основании проведенных экспериментов, согласно графика (рис. 50) определена зона оптимума параметров разводки зубьев на гарнитуре барабана, она лежит в пределах $\alpha = 15 + 20^\circ$, что убедительно подтверждает теоретические прогнозы процесса поддерживающая способность гарнитуры, определяемая числом зубьев сцепленных с гарнитурой, в зоне оптимума, в 1,4 раза выше серийной гарнитуры, что, косвенно определяет ее эффективность при использовании в промышленности.

4.6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 В чем отличие процесса подачи хлопка-сырца на garniture приемного барабана в очистителях марки ЧХ (индивидуального принципа действия) и ИХП (в составе поточной линии очистки), их преимущества и недостатки?
- 2 Какова динамика процесса предварительного закрепления частиц хлопка на garniture барабана?
- 3 Определить влияние координаты зоны наброса частиц хлопка на поверхность барабана на процесс закрепления
- 4 Привести расчетную схему модели процесса разравнивания комка хлопка на garniture барабана перед очисткой
- 5 Какие способы и устройства используются для разравнивания и закрепления частиц хлопка-сырца на garniture пыльчатого барабана, их анализ?
- 6 Привести схемы и основные параметры колковых разравнивателей в модуле очистки
- 7 Какие основные критерии для осуществления регулирования процессом закрепления частиц хлопка щеточным устройством на garniture барабана?
- 8 Привести анализ процесса очистки хлопка-сырца в модуле
- 9 Каково влияние профиля колосника на процесс очистки. Критерии выбора оптимального профиля колосника в зоне очистки?
- 10 Способы повышения эффективности процесса закрепления частиц хлопка-сырца на garniture барабана и снижения потерь материала в отходах

Глава 5 ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ПРОЦЕССОВ В ВОЛОКНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

Завершающим этапом первичной обработки хлопка является процесс очистки волокон и на сколько этот процесс будет эффективным, тем лучшего качества надо ожидать текстильную продукцию, меньше транспортировать сорные примеси имеющиеся в волокне. Процессам и технологиям очистки волокна посвящены много работ, в которых делается упор на создание машин с повышенной кратностью очистки, агрегированием некоторых машин применением конденсорных установок и питающих столиков. Однако известно, что при бесконечном увеличении кратности очистки, очистительный эффект не превысит 50%. Поэтому промышленность стоит перед поиском новых способов очистки, создания новых

технологии, поиску внутренних резервов существующих машин. Также известно, что достичь желаемой цели можно уменьшением производительности машин, которое приведет к увеличению парка оборудования, новым затратам электроэнергии, производственных площадей. Другой путь достижения цели — разработка новых конструкций рабочих органов, применение новых материалов, оптимальных режимов очистки.

Очистка волокна от сорных примесей сегодня основана на механическом ударном взаимодействии на волокна. Сохранение его природных свойств является основной проблемой. Причиной этой проблемы служит формирование плотного сырцового валика в джине и протаскивание волокон вместе с соринками между ножом и рабочим валиком валичного джина, где соринки размельчаются под большим давлением и внедряются в волокна. Последующая операция за джинированием — очистка волокон от этих сорных примесей. Повышение силы сцепления сорных примесей с волокнами потребует значительных ударных воздействий, что в свою очередь обязательно скажется на физико-механических свойствах волокон. То, что не смогли очистить волокна от сорных примесей на хлопкозаводах, текстильщикам вынуждает создавать новые очистительные машины или рабочие органы. Например, создание машин типа БД-200 привело к применению перед прядильной камерой очистительного узла — пыльчатого барабанчика, очищающего волокна от соринки и специального сороотводного канала. Текстильщики усиливают очистку волокон на чесальных машинах, при этом уступая их производительности, т.е. уменьшая производительность увеличивают степень очистки. Также можно сказать об очистителях волокон: питатели смесители, горизонтальных и вертикальных очистителях, трепальных машинах, которые имеют ту же цель. Все текстильные машины, связанные с очисткой волокон имеют низкие скорости очистки, преследуя цель сохранить физико-механические свойства волокон.

Хлопкоочистительная промышленность, находясь в условиях развитых рыночных отношений, не может позволить себе использовать машины, имеющие низкую производительность. Это обязательно приведет к реконструкции заводов и новым затратам. Поэтому поиск путей изыскания внутренних резервов производства и машины является актуальной задачей.

Индивидуальные волокноочистители используются на пильных заводах в виду необходимости обеспечения большой производительности. Батарейные волокноочистители применяются на валичных заводах. Однако эти машины сконструированы с учетом свойств тонковолокнистого хлопка. Большая производительность индивидуальных очистителей имеет свои недостатки. Основным является большая нагрузка зубьев пил, что является фактором не дающим возможности повысить очистительный эффект. В последнее время

машины конструируются так, что они имеют значительную длину. Это в свою очередь приводит к увеличению массы составных элементов машины. Необходимость соблюдения требуемых технологических разводов заставляет повысить жесткость рабочих органов машин. Так первые прямоточные волокноочистители имели валы пыльных цилиндров в виде трубы диаметром 100 мм. Колосники в виде плоского ножа толщиной 6,3 мм. Жесткое требование к зазору $2 \pm 0,5$ мм не может быть соблюдено при работе машины, пыльный цилиндр и колосники колеблются, достигая значительных величин. Понятно, что по фазе их колебания имеют сдвиг, следовательно надо ожидать, что при противоположной фазе (сдвиг на 180°) зубья пыльного цилиндра и кромка колосника начнут задевать друг друга. Этот процесс приведет к порче зубьев и кромки колосника, возникновению искр. Для избежания этого явления, на хлопкозаводах заведомо увеличивают зазоры. Конечно это несколько повышает очистительный эффект, но резко увеличивает волокнистость отходов. Конструктора изменили толщину колосника до 8,3 мм, но все равно это не дало желаемых результатов. Использование колосников с каплевидным сечением также не повысило жесткостные свойства, но несколько уменьшило перекрытие межколосникового пространства. В последних конструкциях колосники имеют толщину 35 мм, однако технологические показатели не изменились. Всевозможные варианты изменения технологии очистки волокна, конструктивных параметров рабочих органов и самой конструкции машины не дали значительного увеличения технологических показателей, во всем имеется какой-то предел, который не возможно преодолеть. Одним из этих пределов является большая масса прядки волокон и не совершенство формы рабочих органов, слишком большие требования по отдаче каждого квадратного метра площади цеха, выражающаяся в увеличении производительности машины (с 800 кг в час при джине 3 ХДД, до 2000 кг в час при 5 ДП). (Обратившись к опыту текстильной промышленности видим, что рабочие органы очистителей волокна производят тонкую очистку (трепальные, чесальные машины и пыльчатые барабанички на прядильных машинах типа БД). Эти машины имеют низкую производительность - соответственно до 80 кг/час и 12 кг/час и совсем маленькую на прядильных машинах. Возможность управления технологическим процессом достигается тогда, когда очистка идет на уровне одиночных волокон т.к. единичные волокна по своим физико-механическим свойствам позволяют прогнозировать и контролировать технологический процесс, дают возможность очищать все стороны волокна (при пыльчатой гарнитуре одного из рабочих органов).

Изготовление пыльных дисков с отверстием, имеющим размер больше диаметра вала, приводит к тому, что при сборке пыльного цилиндра этот зазор является винтом. Следовательно, на величину этого зазора смещается вниз центр тяжести каждого пыльного

диска. Тоже самое с междушпильными прокладками. В результате в таком состоянии пакет пил и прокладок затягивается. Суммарная величина массы довольно значительная, и она при вращении пыльного цилиндра приводит из-за эксцентриситета к появлению больших изгибающих инерционных сил и вибрации машины. Для исключения этого, на заводе изготовителе производят статическую и динамическую балансировку. Однако на хлопкозаводах эта возможность исключена т.к. нет балансировочных машин.

Другим недостатком такой конструкции пыльного цилиндра является то, что применяются алюминиевые междушпильные прокладки. Во многих исследованиях П.Н. Гютина [11] доказано, что при применении не калиброванных (не продавленных) прокладок, они при эксплуатации из-за изгиба вала по кругу продавливаются пилами. При этом уменьшается толщина прокладки, "разбалтывается" пыльный цилиндр, теряется усилие затяжки пакета, а в некоторых конструкциях машин прокручивание пыльных дисков, что и нарушает технологическую операцию очистки волокна.

Как видно имеются много конструктивных недоработок, приводящих, во-первых, к снижению долговечности машины, во-вторых, к уменьшению технологической надежности процесса очистки, в третьих, к исключению стабильности разводки между колосниками и пыльным цилиндром. Жалюзийные решетки, крышка машины при вибрациях издают шум, утомляющий рабочих. Имеются исследования [38, 103, 104], в которых теоретически предположено и экспериментально доказано о положительном влиянии колебания отбойных органов очистителей на эффект выделения сорных примесей. Колебания рабочих органов приводят к изменению технологического зазора. Получается двойное влияние на процесс очистки. Прядка волокон сама колеблется при движении, имеет собственную частоту колебаний, и на нее воздействует возмущающая частота со стороны колосника. Не трудно предположить, что собственная частота колебаний прядки и вынужденные колебания колосника не совпадут. Но если их отношение будет кратным то дополнительное влияние колосника на выделение соринки не вызовет сомнения. Экспериментально это доказано. Положительное влияние колебания колосников побудило создать вращающиеся колосники, имеющие многогранную форму различного профиля и разную частоту вращения. Имеется связь между количеством, формой граней и частотой вращения. Конечно, это относится к одной установленной скорости очистки (частоты вращения пыльчатого барабана или пыльного цилиндра очистителя). Изменения рабочей скорости очистки приведет к изменению режима работы вращающихся колосников. Однако помимо возникнут силы, которые наряду с увеличением очистительного эффекта приведут к повышению выхода волокон в отходы из-за роста сил трения.

Раннее проведенные исследования показали преимущество увеличения скорости в

отношении очистительного эффекта. Но значительная масса пыльных цилиндров, невысокая жесткость вала и рамы машины приводили к значительным вибрациям. Применение вращающихся колосников дает возможность на существующих машинах повысить их очистительный эффект.

Однако увеличение скорости очистки приводит к силе растягивающей волокна. В [87] приводятся данные, что при большой скорости растяжения время деформирования мало. Вследствие этого не успевают нарушиться многие межмолекулярные связи, прорастают трещины, развивается эластическая и пластическая деформации. При малой скорости получается обратная картина. Ввиду этого с ростом скорости растяжения увеличивается разрывная нагрузка и падает полное разрывное удлинение. Это заключение является объяснением того, что на волоконоочистителях при скорости очистки 25 м/с волокно не ухудшается, по крайней мере, сохраняет природные физико-механические свойства. Следовательно, дальнейшее увеличение скорости также может улучшить свойства волокна. Однако точно доказано, что на больших скоростях в существующих волоконоочистительных машинах укорачивается штапельная длина волокон. Одновременное улучшение свойств волокна и их укорочение приводит к поиску путей защиты волокон при их ударе о колосники.

Анализируя процесс взаимодействия волокон с колосниками и, принимая во внимание то, что ученые-механики утверждают о снятии напряжений при обратном движении упругой волны деформации сечения волокна, можем заключить следующее. Зная, что процесс очистки скоротечен и упругая волна деформации доходит в основном только до зуба пилы, где закреплены волокна, надо полагать, что почти половина длины пучка волокон остается в напряженном состоянии. Успевая пройти колосниковую решетку первого пыльного цилиндра, волокна сбрасываются с зуба и перехватываются вторым пыльным цилиндром. Здесь в основном захват идет уже очищенного конца прядки волокон, а неочищенный свисает и обрабатывается на второй колосниковой решетке. Но известно, что после первого пыльного цилиндра основная часть волокон уходит на прессование. Поэтому не все волокна очищаются полностью, и не со всех снимаются напряжения. В таком напряженном состоянии волокна запрессовываются в кипы и транспортируются на текстильные предприятия.

Как видно, очистительный эффект является основным показателем волоконоочистителей. Удаление сорных примесей из волокна зависит от многих факторов: массы соринки, их величины, формы, цепкости с волокном и чем крупнее сор, тем он легче удалится из волокна.

Минимальный вес соринки, которые могут быть удалены из волокон зависит от

многих факторов и определяется формулой [99]

$$P = \frac{g/kV^2}{\omega^2 r - g(\cos(\varphi_0 + \alpha l) - f \sin(\varphi_0 + \alpha l))}$$

где $k = C_0 \gamma_1 S_1$

r - радиус пилы

C_0 - коэффициент сопротивления

γ_1 - плотность воздуха

S_1 - миделево сечение соринки

Для того, чтобы соринки меньше веса P также были сброшены, по выводу автора необходимо удалять их из волокна до того как они измельчились в процессе переработки хлопка-сырца и волокна. Но при переработке хлопка после джина до волоконоочистителя нет промежуточных машин. В волоконоочистителе соринки размельчаются под действием ударных нагрузок. Очевидно, что большая скорость пыльного цилиндра прямоочного очистителя (до 25 м/с и более) как раз и способствует повышению ударных нагрузок, размельчению соринки. Таким образом, увеличение очистительного эффекта можно достигнуть за счет уменьшения ударных нагрузок на соринки, что в свою очередь можно достигнуть путем изменения податливости соприкасающихся с соринкой поверхностей. Колосниковая решетка состоит из нескольких параллельно расположенных колосников. Колосники могут иметь различный профиль, в зависимости от назначения. Например, в некоторых очистителях крупного сора применяются колосники ножевого типа, передняя грань которых образует с радиусом пилы тупой угол. В машинах текстильного производства, например в трепальных и чесальных, в органах очистки волокна передняя грань образует с радиусом бильного трепала или барабана острый угол. В волоконоочистителях применяемых в хлопкоочистительной промышленности колосники также расположены под острым углом (45°) к радиусу пилы. Такое же расположение принято в волоконоочистителях зарубежных фирм. Например, волоконоочиститель фирмы «Lumtus» США оснащен колосниками ножевого типа значительной толщины и острым передним углом.

Исследования, проведенные сотрудниками отдела волоконоочистки АО «Пахта жин КБ», ОАО «Пахта тозалаш ИИ ЧВ», позволили им сконструировать колосники, которые предотвращали забой волокон колосниковой решетки. Профиль таких колосников имел каплевидную форму (рис 51), они изготавливались из листового металла, после гибки которого, стык сваривался по всей длине.

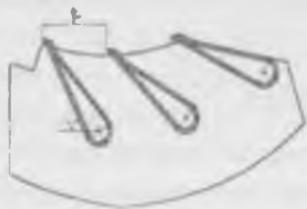


Рис 51

Следует отметить, что в отличие от колосниковой решетки ножевого типа, решетка из колосников каплевидной формы не имела перемычек по длине. Такие перемычки хоть и придавали дополнительную жесткость колосникам, но и способствовали возникновению забоев. Поэтому решетка из колосников каплевидной формы значительно реже забивается.

В настоящее время сохранение природных свойств волокон при их переработке, сокращение обрывности в прядильном производстве являются основными критериями, характеризующими любую машину, вновь созданную или модернизированную.

Итоги рассмотрения общих проблем волокноочистки, изучения выполненных работ и анализа нерешенных вопросов в этом направлении показывает, что

- повышение качества хлопкового волокна в условиях переработки хлопка-сырца машинного сбора, имеющего повышенную влажность и засоренность, является одной из самых острых проблем в хлопкоочистительной промышленности,

- массовое внедрение новой высокопроизводительной техники в прядильном производстве обострило требования к качеству хлопкового волокна,

- в общем потоке переработки хлопка, наряду с другой техникой значительное влияние на качество волокна, особенно на его прядильные свойства, оказывают волокноочистительные машины,

- повышения очистительного эффекта волокноочистительной машины можно добиться увеличением частоты вращения пыльного цилиндра, уменьшением ударных нагрузок на соринки, что в свою очередь, возможно, достигнуть путем изменения податливости соприкасающихся с соринками поверхностей, чем крупнее сорные примеси тем они легче выделяются из волокон и, что удалять сорные примеси необходимо до их измельчения,

- угол отражения соринки от поверхности колосника зависит не только от их упругих свойств, но и от упругих свойств материала колосников, чем больше их упругость, тем меньше угол отражения и больше скорость соринки,

- выявлено благоприятное влияние на прядильные свойства волокон электростатических зарядов и рабочих органов (колосников), изготовленных из полимерных материалов и их покрытий на качество волокна,

- недостаточно исследованы ударные и волновые процессы, происходящие при

взаимодействии хлопковых волокон с колосниками волоконочистительных машин, процесс взаимодействия хлопковых волокон с кромкой колосников и возникающие при этом контактные давления и силовые факторы.

— не исследованы достаточно полно законы движения прядки волокон от момента соприкосновения с зубом пил до момента их сброса при очистке,

— недостаточно исследовано влияние динамики рабочих органов волоконочистительной машины на технологический процесс

5 | ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН

На волоконочистительных машинах хлопковое волокно перерабатывается не в виде одиночных волокон, а в виде прядок, которые сформировались на предыдущем переходе технологического процесса — при дженировании.

Величина (масса) прядки волокон зависит от геометрических параметров зубьев пильного диска джина. Сегодня на хлопкозаводах используются пильные диски диаметром 320 мм, шагом зубьев на пилах 3,6 мм. Такая величина зубьев при дженировании отрывает от семян пучок волокон весом от 2 до 20 мг. Частично соринки имеющиеся на поверхности пучка волокон отделяются от них при помощи улючного козырька волоконсьемного устройства. В результате недостаточного эффекта очистки хлопка на предыдущих машинах их соринки вместе с хлопком транспортируются до джина, в котором при образовании сорничкового валика и увеличении его плотности происходит увеличение силы сцепления соринки с волокнами. Для преодоления силы отрыва соринки от волокон требуются значительные технологические приемы, создание больших инерционных сил. Известно [101], что средняя сила отрыва соринки от волокон составляет для створок 10,26 н, кожицы с хлопком 16,2 н, частицы листьев 7,06 н, черешков и стеблей 8,04 н. Отделение соринки от хлопков происходит в основном путем отбоя, т.е. ударного процесса обеспечиваемого различными сороотбойными устройствами. Так как транспортирующим волокна органом является зуб пильного диска или нож барабана, следовательно, тот участок пучка волокон, которым он захвачен на зубе, останется не очищенным от сорных примесей. Эта причина принудила создать дополнительные ступени очистки. Переориентация пучка волокон для захвата другим концом происходит на участке между ступенями очистки.

Далее необходимо отметить, что при ударе волокон о сороотбойные органы происходит двойной изгиб пучка, образуя вид подобный букве Z. При изгибах происходит смещение слоев волокон один относительно другого, при этом возможно движение соринки входящих внутри пучка волокон. Однако это движение зависит от того насколько изгибаются волокна. При выпрямлении волокон возникают силы сопротивления (силы

цепкости, трения) препятствующие движению слоев один относительно другого. Это явление приводит к распушению прядки тем самым обеспечивается вывод соринки изнутри прядки. Но это же приводит к увеличению парусности прядки, увеличивающей сопротивление воздуха, приводящее к повышению натяжения волокон при ударе о колосники. Коэффициент сцепления зависит от влажности волокон, так при $W = 8-10\%$ $\mu_{сц} = 0,08$, $W = 15-20\%$ $\mu_{сц} = 0,10$, $W = 26-35\%$ $\mu_{сц} = 0,13$. Увеличение парусности прядки необходимо учитывать при конструировании колосниковой решетки, следует предположить, что шаг расстановки будет увеличивающийся. Предполагая влияние физико-механических свойств пучка волокон на очистительный эффект легко видеть, что величина пучка также влияет на это. Понятно, что чем меньше пучок волокон тем легче очистка от сора. Теперь определим на что это повлияет. Например, уменьшение массы приведет к увеличению шага расстановки колосников, что в свою очередь повысит подсос воздуха из угарной камеры за счет увеличения коэффициента живого сечения колосниковой решетки, и наоборот, если увеличится масса пучка волокон. Такие рассуждения потребуют подхода к поиску причины и путей уменьшения массы прядки волокон. Выше было отмечено о геометрии зуба нила джина, плотности сырцового валика, влияющих на массу прядки. Изменение геометрии зуба и его положительное влияние на процесс дженирования рассмотрен в работе [102], в частности предлагается уменьшить шаг зуба пилы. Следовательно надо ожидать от этого решения получение прядок уменьшенной массы.

Рассмотрим волокна хлопка разных сортов, от физико-механических свойств которых зависит режим его очистки т.к. критерием является сохранение природных свойств волокон. Известно, что низкие сорта хлопка имеют более слабые волокна, следовательно их нужно очищать в более щадящем режиме, а это потребует создания новых конструкций рабочих органов и режимов очистки.

Сорные примеси, находящиеся в прядке волокон имеют различные физико-механические свойства, размеры, конфигурации. Понятно, что выделение из прядок соринки большей массы намного легче ввиду того, что они при очистке имеют большую силу инерции. Необходим поиск путей сохранения величины соринки не только при очистке волокон, но и при дженировании (устранение сырцового валика т.к. при больших плотностях происходит раздробление соринки и увеличение силы сцепления с волокном).

В прядке волокна не могут располагаться хаотично т.к. они при отрыве от семени и дальнейшем протаскивании через межколосниковые зазоры и улючный козырек частично параллелизуются и находятся в перекрестном расположении. Этот факт усложняет многие решения технологического и конструктивного характера (тормозят движение соринки,

расположенных внутри пучка, хуже распушается, увеличивается изгибная жесткость (прядки)

Особо надо отметить о колебаниях прядки волокон в процессе ее движения по колосниковой решетке и в свободном полете. Кроме этого при ударах пучка о колосник в волокнах появляются волновые процессы также существенно влияющие на процесс прядки. Скорость распространения волн деформации может привести к дроблению сориннок находящихся внутри пучка волокон. При ударах в волокнах развиваются значительные напряжения, деформации и при этом сохранение свойств волокон является актуальной проблемой. При одностороннем воздействии на волокна в них только с одной стороны происходит появление напряжений приводящей к появлению завитков, узелков, жгутов, отрицательное влияние которых известно. Кроме того волокна в напряженном состоянии запрессовываются в кипы и находятся в таком виде до использования на текстильных фабриках. Целесообразно было бы после очистки волокнам дать «отдохнуть» т.е. не сразу запрессовывать, а дать возможность чтобы эти напряжения снялись или, по крайней мере, выровнялись по поверхности волокон, тогда не будет появления мягких пороков.

5.1.1 ПРЯДКА ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН КАК ОБЪЕКТ ПЕРЕРАБОТКИ

Хлопкоочистительные машины и процессы протекающие в них позволяют в достаточной мере очищать хлопок-сырец и волокно от сорных примесей. Тем не менее очевидно, это не отвечает требованиям текстильщиков т.к. на текстильных фабриках вынуждены дополнительно очищать волокна используя при этом с каждым годом все сложные машины. В принципе в хлопкоочистительных и текстильных машинах используются примерно одинаковые соротбойные рабочие органы и технологические операции похожи. Качество очистки хлопка и волокон зависит от геометрических параметров, формы, материала соротбойных устройств, скоростных и аэродинамических режимов работы машины. Исключительное место в этом процессе отводится массе и физико-механическим свойствам пучка (прядки) волокон. Имеются исследования многих ученых посвященные изучению этих характеристик [85-91]. Все они направлены на обоснование режимов переработки, создание новых рабочих органов и машин, выпуск качественной продукции. Известно, что при отгибании волокном или прядкой волокон кромки колосников и его протаскивании по ним, возникают силы трения и натяжения волокон. Чрезмерно большая сила трения приводит к увеличению силы натяжения могущая привести к частичному растяжению волокон, что имеет свои нежелательные последствия, например утончение волокон или сползание закрепленной части волокон с зуба пилы, отделения от прядки волокон с последующим уходом в отходы. Большая скорость очистки приводит к

увеличению силы удара и контактных напряжений, что также приводит к образованию волокон механических повреждений

Отличительной особенностью уже известных исследований по механике нити и исследуемым процессам по очистке хлопковых волокон являются граничные условия те прядка волокон с одной стороны закреплена, а со второй свободна. Эти положения не позволяют полностью принимать исследования, проведенные в текстильной промышленности для проектирования машин, технологических процессов и операций в хлопкоочистительной промышленности. С этой целью, воспользовавшись известными исследованиями необходимо внести изменения в существующие основополагающие параметры для создания новых рабочих органов, узлов и машин хлопкоочистительной промышленности. Далее, при определении, например жесткости нитей принималось, что сечение у них круглое. В процессе очистки волокон это сечение ближе к эллипсу и прямоугольнику. Поэтому при определении момента инерции сечения будем принимать формулы для прямоугольного сечения, как это было принято в предыдущих исследованиях. По известному весу одного волокна определялось количество волокон в прядке. Так известно, что вес прядок может быть от 2 до 20 мг, все это зависит от процесса джикирования т.е. от того сколько волокон будет захвачено зубом пилы и в дальнейшем они будут отделены от семени хлопка. Принимая среднюю массу прядки 11 мг можем определить, что в ней находится примерно 1800 волокон средневолокнистых сортов хлопка. Такая масса волокон, захваченная зубом пилы волокноочистителя из воздушного потока идущего от джина уносится к колосниковой решетке и со скоростью 25 м/с ударяет ее о кромку колосника. Кромка колосника представляет собой нож с углом заострения 45° и радиусом переходной поверхности (скругления) от 0,5 до 1 мм, согласно техническим условиям изготовления колосниковых решеток.

Известно, что чем острее кромка колосника, т.е. меньше радиус скругления, тем выше очистительный эффект машины. Это доказано длительными исследованиями ученых ОАО «Пахта тоталаш ИИЧВ». Однако ясно, что при этом механические повреждения волокон резко возрастают и повышается волокнистость отходов. Выяснение причин таких взаимоисключающих эффектов крайне необходимо для правильного и обоснованного проектирования рабочих органов и машины в целом. Выясним, что же происходит на кромке колосника при взаимодействии с прядкой волокон. Основным является огибание охватывание кромки пучком волокон. При взаимодействии (рис 52) происходит двойное перегибание волокон, т.е. знакопеременная нагрузка, действующая на волокна



Рис 52

Такой процесс происходит внутри одной машины несколько раз. Величина прогиба зависит от количества волокон в одной прядке, сорта и разновидности хлопка т.е. от жесткости пучка волокон. Эта характеристика является основополагающей в изучении процессов происходящих на кромке колосника.

Жесткость прядки волокон может быть определена по методике приведенной в [86-90, 92-94]. В этих трудах подробно изложена методика для текстильных нитей. Поперечное сечение принимается в виде круга состоящего из количества волокон с круглым сечением. В работах С.Д. Николаева и В.П. Щербачева использована теория наследственной вязкоупругости, позволяющая получить из опытных значений прогиба $f(t)$, значение прогиба соответствующее мгновенному приложению нагрузки т.е.

$$f_0 = \frac{f(t)}{1 + \int k(t - \tau) d\tau} \quad (5.1)$$

где $k(t - \tau)$ - функция влияния

t , τ - время наблюдения и время, предшествующее моменту наблюдения

Для описания напряженно-деформированного состояния нитей С.Д. Николаев использовал работу А.Р. Ржаницына и резольвенту М.А. Колтунова

При расчете напряжения прядки волокон необходимо учесть, что пучок волокон это не сплошной стержень, а имеет между волокнами пустое пространство и, следовательно, необходимо ввести поправочный коэффициент в формулу определения действительной площади поперечного сечения. Значение этого коэффициента находится так

$$K = J_1/J_2 \quad (5.2)$$

где J_1 - момент инерции действительного сечения пучка волокон

J_2 - момент инерции сечения контура пучка волокон

При определении необходимо учитывать статический момент сечения каждого волокна равного произведению площади сечения на расстояние от ее центра тяжести до соответствующей оси

$$J_1 = 0,05 d^4 n + \frac{\pi r^4}{4} \quad (m S^2) \quad (5.3),$$

$$J_2 = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (5.4)$$

где d - диаметр волокна
 n - количество волокон в сечении пучка волокон
 m - количество волокон в каждом ряду сечения
 S - расстояние от центра тяжести сечения волокон каждого ряда до соответствующей оси.

Пример расчета. Примем сечение прямоугольным, состоящим из 4 волокон t с (рис 53). Дальнейшая проверка расчетов для прядок волокон весом до 20 мг показала, что коэффициент K для прямоугольного сечения изменяется от 0,784 до 0,785. Следовательно для определения жесткости пучка волокон $H=EI$ можно использовать найденный коэффициент по уже апробированной С. Д. Николаевым методике. Однако здесь говорится о мгновенном модуле упругости при изгибе. Ссылаясь на работу [93] можно принять, что для

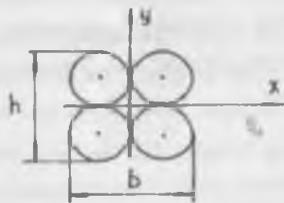


Рис 53

$$J_1 = 0,05 d^4 n + \frac{\pi d^4}{4} (4(0,5 d)^2) = 0,985 d^4$$

$$J_2 = \frac{bh^3}{12} = \frac{2d(2d)^3}{12} = 1,33d^4$$

$$K = J_1 / J_2 = \frac{0,985d^4}{1,33d^4} = 0,74$$

Если в сечении 324 волокна t с стороны состоят из 18×18 волокон тогда

$$J_1 = 6862,18d^4 \quad J_2 = 8748 d^4 \quad K = 0,784 \quad (5.5)$$

4-х волокон модуль упругости при изгибе на 20-40 % меньше чем при растяжении. Из [87] и [94] известно, что модуль упругости хлопкового волокна $E_p = 5250 \text{ н/мм}^2$, а при изгибе с учетом указанного коэффициента $E_i = 5250 \times 0,30 = 1575 \text{ н/мм}^2$. Полученное значение соответствует данным [88].

Поправочный коэффициент для определения момента инерции сечения прядки волокон получен при предположении, что волокна плотно прижаты к друг другу. В свободном полете прядки волокон захваченной зубом пилы видно (рис 54), что прядка имеет значительное сечение 2 - 5 мм и здесь поправочный коэффициент конечно же другой. Тем не менее во внимание будем принимать именно тот коэффициент, который получен, выше $K = 0,784 - 0,785$ т.к. нам предстоит определение жесткости и деформации прядки начиная с момента ее вхождения в контакт с кромкой колосника, при котором волокна в сечении прядки начинают под действием силы удара прижиматься друг к другу и тем самым оправдывается принятый расчет поправочного коэффициента.



Рис 54

$$E = 5250 \times 0,30 = 1575 \text{ н/мм}^2$$

$$H = EI = 1575 \times (0,013 \times 0,785) = 16,07 \text{ н/мм}^2$$

$$\text{где } I = bh^3 / 12 = 42d(43d)^3 / 12 =$$

$$= 42 \times 0,015^4 (43 \times 0,015)^3 / 12 = 0,013 \text{ мм}^4$$

$$d = 0,015 \text{ мм}$$

В формуле расчета момента инерции принято сечение прядки весом 11 мг, как прямоугольник со сторонами равными 42 и 43 диаметра волокна, в котором уместится 1800 волокон.

При исследовании формы движения прядки волокон в момент взаимодействия с колосниками волоконочистительных машин и моделировании этого процесса в работе [85] была принята динамическая модель. В качестве прядки волокон принята модель из трех масс соединенных между собой упругими связями, и каждая масса имела дополнительные связи с рабочими поверхностями колосника. Упругие связи характеризовали податливость прядки волокон (на растяжение вдоль прядки волокон и на сжатие в поперечном направлении). Если прядка представляла бы из себя одно монолитное тело, тогда можно было бы найти жесткость такой прядки. Однако прядка состоит из определенного количества волокон. Поэтому коэффициент жесткости попытаемся найти аналитическим путем. Для этого необходимо знать модуль упругости одного волокна, площадь его поперечного сечения и длину, а также количество волокон в прядке. В работе [87] имеются данные модуля упругости одиночных волокон в зависимости от их разновидности и сорта. В экспериментах использовалось хлопковое волокно разновидности 108Ф первого сорта. Для такого волокна модуль упругости $E = 5250 \text{ н/мм}^2 = 525000 \text{ н/см}^2$. Так как применен трехволоконный хлопок, то длина волокон принята равным 31 мм или 3,1 см. По известной толщине и длине находится вес одного волокна. Зная вес и удельный вес волокна можно найти объем и площадь сечения одного волокна. Удельный вес $= 1,5 \text{ г/см}^3$. Таким образом, имеются все данные для подсчета коэффициента жесткости одного волокна. Расчет ведется по формуле

$$C = EF/l, \text{ н/см} \quad (5.6)$$

Следует отметить, что в формулу (5.6) необходимо подставить 1/3 длины прядки волокон т.к. она в рассматриваемом случае разделена на три части. Длина прядки может изменяться от 1/4 - 3/4 длины волокна в зависимости от того, как зуб пилы захватит прядку волокон. В настоящих расчетах принято 3/4 длины прядки. Известно, что чем короче тело, тем больше у него коэффициент жесткости. Таким образом, можно найти коэффициент жесткости одного волокна, однако прядка обладает большим коэффициентом жесткости и количество их в одной прядке может изменяться в широких пределах. По исследованиям /101,105/ вес

одной пряжки находится в пределах от 2 до 20 мг. Зная вес одного волокна можно найти количество волокон в одном мг. Расчеты показали, что в 1 мг имеется в среднем примерно 160 волокон и в пряжке средней величины содержится 1800 волокон, такое же количество волокон принято в работе [101]. По известному количеству волокон в пряжке и коэффициенту жесткости одного волокна можно найти коэффициент жесткости пряжки волокон средней величины $C = 1572$ н/см.

Таким образом, получен коэффициент жесткости упругой связи соединяющей массы модели по оси ОХ. Для определения жесткости связей по оси ОУ можно рассмотреть этот процесс как сжатие пряжки волокон вертикальной силой Р, которую можно определить по формуле [99]

$$P_{уд} = mV^2/S \quad (5.7)$$

где m - масса пряжки средней величины
 V - окружная скорость пыльного цилиндра
 S - размер пряжки волокон

Расчет показал, что Р для рабочей скорости равна 1,036 н. Поперечное сечение пряжки будем рассматривать как прямоугольник в котором расположено 1800 волокон т.е. $(42 \times 43 = 1800)$. Для определения длины сторон необходимо знать диаметр волокон, который определяется по формуле [87]

$$d_p = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\delta}} \quad (5.8)$$

где δ - объемный вес волокна, мг/мм³

Так как для волокна толщиной 0,2 текс, $d_p = 0,015$ мм = 0,0015 см, стороны прямоугольника в котором расположены 1800 волокон равна 0,645 × 0,63 мм. Такую ширину имеет пряжка при плотном расположении волокон друг к другу. На самом деле ширина достигает 2 - 5 мм. Длину волокон принимаем 24 мм. Тогда площадь основания пряжки $F = 1,2$ см².

В момент удара при встрече пряжки волокон с поверхностью колосников пряжка деформируется. Величину относительной деформации сжатия пряжки находим по Руд и F

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (5.9)$$

Данные для Δl и l взяты из работы П. Д. Балясова [107], модуль упругости определяется по формуле

$$E = \frac{P}{\varepsilon \cdot F} \quad (5.10)$$

Коэффициент жесткости пряжки в поперечном направлении находим по формуле

$$C = \frac{EF}{l} \quad (5.11)$$

Для пряжки средней величины (11 мг) $C = 0,705$ н/см. Таким образом, найдены коэффициенты жесткости пряжки волокон как вдоль, так и поперек волокон. Расчеты проведены в предположении, что все волокна в пряжке расположены параллельно друг к другу и что все волокна подчиняются закону Гука. Но такого идеального случая в хлопкоочистке, когда все волокна параллельны друг к другу, на практике не встречается, поэтому необходимы экспериментальные исследования податливости пряжки волокон. Для этого спроектирован и изготовлен стенд (рис. 55), на котором можно зажимать пряжку волокон между неподвижным 1 и подвижным 2 зажимами. Подвижный зажим через стальную проволоку 3 соединен с тензометрической балочкой 4, закрепленной на подвижных салазках 5, перемещающихся на двух направляющих 6. Салазку тянет тросик, намотанный на барабан 7, получающий вращение от редуктора 8 и двигателя 9. Как видно, силу для растяжения волокон можно записать с помощью тензометрической балочки 4, а перемещение (удлинение пряжки волокон) - тензометрической балочкой 10, предварительно упирающейся в стойку 11. Датчики подключены через усилитель УТ-4 к самописцу Н-327-3, регистрирующему удлинение пряжки и усилие Р разрыва. Анализируя многократно полученные кривые (рис. 56), обнаруживаем характер кривой 1, соответствующей подобным зависимостям для растяжения (упругих материалов) одиночного волокна [87]. Кривая 2 подчиняется закону растяжения упругих материалов. На кривой заметна выпуклость, представляющая текучесть волокон (предел упругости), что необходимо для расчетов режимов очистки волокон. Согласно рис. 56 предел текучести составляет 30 + 40% от предела прочности пучка волокон. Максимальная деформация и разрыв происходят одновременно. Эксперименты выполнены на пряжках волокон массой 10 и 20 мг. При медленном растяжении (почти статическая нагрузка) разрывное усилие, например, для пряжки массой 20 мг и расстоянием между зажимными губками 8 мм составляет $P = 27,66$ н, а удлинение пряжки до разрыва = 0,092 см. По этим параметрам нетрудно определить коэффициент жесткости пряжки волокон $C = 300,7$ н/см.

Различие расчетных и экспериментальных значений обусловлено предположением, что все волокна параллельны друг к другу и одновременно растягиваются. Практически при первичной обработке хлопка волокна располагаются хаотично или перекрестно. При растяжении первыми начинают деформироваться волокна, параллельные оси растяжения, а другие растягиваются после их разрыва или деформации.

Результаты экспериментов показывают, что коэффициент жесткости, составляющий $3 \pm 13\%$ от расчетного значения, отличается от данных, которые приняты для параллельного расположения волокон и длины 3 мм.

Как видно, здесь можно пользоваться расчетным значением коэффициента жесткости с учетом поправочного коэффициента $K = 0,03-0,13$ в зависимости от длины зажима и веса пряжки. Установлена зона текучести пучка волокон, составляющая 30 - 40% от предела прочности.

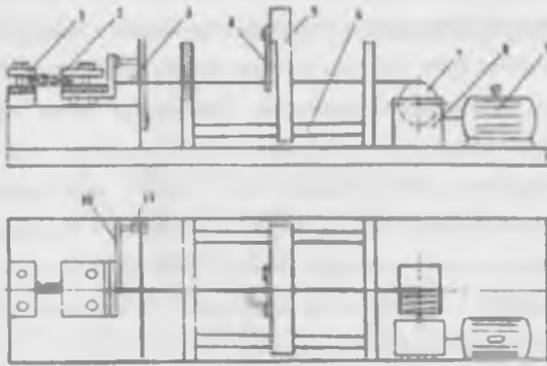


Рис 55

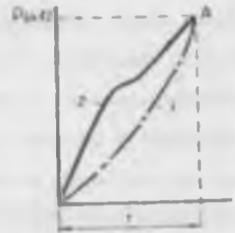


Рис 56

5.12 ПРОЦЕССЫ ВНУТРИ ПУЧКА ВОЛОКОН ПРИ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Технологический эффект очистки волокна от сорных примесей зависит в основном от взаимодействия пряжки волокон с кромкой колосников, от ее формы и материала. Очистка волокна разных сортов отличающихся друг от друга по физико-механическим свойствам требует наличия возможности управлять технологическим процессом очистки. С этой целью разработана теоретическая модель процесса взаимодействия пряжки волокон с колосниками. Полученные решения позволяют определять оптимальные значения конструктивных параметров рабочих органов и технологических режимов машин. При взаимодействии волокон с колосниками в волокнах возникают напряжения, которые могут оказать влияние

на изменение физико-механических свойств волокон. Кроме этого возникающее напряжение приводит к их деформации. Например, при исследовании растяжения надо иметь в виду, что волокна в одном пучке могут отличаться по длине, располагаться в нем случайным образом и т.д. Понятно, что натяжение первыми будут получать волокна, расположенные параллельно оси растяжения и при значительных нагрузках они будут обрываться. Это относится в первую очередь к волокнам низких сортов.

Рассматривая натяжение пучка волокон на сбегающей ветви и давление на кромке колосника при их взаимодействии надо отметить, что теоретическому и экспериментальному исследованию посвящены работы [85,96,97]. В [85,97] показано, что путем использования пластмассовых насадок радиус кромки колосника волоконочистительной машины можно уменьшить с 0,5 - 1 мм до 0,25 - 0,3 мм. При этом эффективность очистки увеличивается, а механические повреждения волокон уменьшаются.

Многочисленным испытаниям подвергались колосники, изготовленные из пластмассы и композитных материалов. Устанавливая колосники из "мягких" материалов предполагалось, что наиболее оптимальные формы и размеры сечения рабочего органа подбираются в процессе работы самой машины, т.е. в процессе многократного взаимодействия с волокнами и износа, рабочая часть колосника приобретает наиболее оптимальную форму и геометрические размеры сечения. В ходе экспериментов устанавливается зависимость качества очистки от конструктивных параметров рабочих органов и режима технологического процесса, исследована надежность и устойчивость технологического процесса и время износа рабочего органа. Испытанию подвергались колосники с различными конструктивными параметрами.

Из анализа снимков сделанных скоростной кинокамерой СКК-1 и фотоснимков полученных при помощи строботометра следует, что скорость и способ подачи волокна зубьями пильного цилиндра к кромке колосника носит статистический характер. В общем случае зубья пильного диска захватывают произвольное количество волокон, которые первоначально имеют какую-то скорость равную скорости воздуха идущего от джина, а при $t=0$ свою скорость скачком меняют до скорости зуба пилы волоконочистителя ($V=25$ м/с). Поэтому колебания пучка волокон в каждый момент времени будут высокочастотными и коротковолновыми, а для определения колебания каждого отдельного волокна необходимо построить автокорреляционные функции, учитывающие совместные движения и колебания всех волокон пучка.

Пусть при $t=0$ пучок волокон 1 захваченный зубом пилы 2, вращающийся вокруг собственной оси с постоянной скоростью $V = 25$ м/с, встречает абсолютно гладкую поверхность колосника 3 волоконочистительной машины (рис 57). За время dt кромка зуба

вращаясь вокруг центра барабана со скоростью ωt переходит в точку E , где R - расстояние от центра пилы до кромки зуба. Материальная точка E (рис. 58) за время dt пройдет путь $Rd\alpha$, где α - центральный угол образованный между двумя положениями радиуса R при $t=0$ и $t=dt$. Рассмотрим предельный случай, когда $dt \rightarrow \theta$. При этом $\alpha \rightarrow \varphi_2$ т.к. $\alpha=0$ при $t=0$



рис. 57

Предположим, что у кромки колосника B на волокна действуют силы давления P и трения $F_{тр}$, связанные между собой с помощью закона Кулона. Силы собственного веса и инерции рассматриваемого бесконечно малого элемента пучка волокон значительно малы по сравнению с другими силами

В дальнейшем силы инерции и собственного веса пучка волокон не учитываются. Как известно [87,88] в случае идеального скольжения линия действия силы P проходит по биссектрисе угла обхвата пучком кромки колосника, то есть направление вектора силы P зависит от формы сечения кромки колосника. Угол θ (рис. 58) характеризует направление вектора силы P и позволяет установить зависимость натяжения от формы сечения кромки колосника, т.е. позволяет выбрать оптимальную форму сечения кромки колосника, при котором натяжение пучка будет иметь свое допустимое значение. Анализ фотографий и киноленты сделанных на быстросъемных аппаратах позволяет установить, что в большинстве случаев пучки волокон в процессе проскальзывания полностью обгибают поверхность рабочей части колосника волоконочистительной машины (рис. 57) (схема движения волокон основана на результатах экспериментальных исследований)

На участке BE на волокна действуют натяжение T_2 (рис. 58). На участке BN^1 натяжение отсутствует, так как левый конец волокон (сечение N^1) движется свободно и предполагается, что поверхность колосника абсолютно гладкая

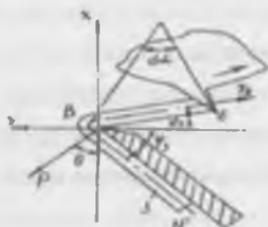


Рис. 58

Закон сохранения импульса, написанный в проекциях на оси OX и OY принимает вид соответственно

$$\left. \begin{aligned} \rho_0 F_0 dS_1 (x_2 - x_1) &= (T_2 \cos \varphi_2 - P \sin \theta - fP \cos \theta) dt \\ \rho_0 F_0 dS_1 (y_2 - y_1) &= (-T_2 \sin \varphi_2 - P \cos \theta - fP \sin \theta) dt \end{aligned} \right\} (5.12)$$

где x, y - составляющие скорости частиц волокна на оси OX и OY соответственно

f - коэффициент трения, $\rho_0 F_0$ - начальные (суммарные) плотность и площадь поперечного сечения волокна, ds - длина рассматриваемого элемента волокна

Неизвестные параметры движения снабжены соответствующими принятой нумерации рассматриваемых участков волокна индексами

Условия неразрывности смещения сечения волокна приводятся к виду

$$dS_2 = \frac{|\dot{x}_2| dt}{\cos \varphi_2} = \frac{|\dot{y}_2| dt}{\sin \varphi_2} \quad (5.13)$$

$$dS_1 = \frac{|\dot{x}_1| dt}{\cos \varphi_1} = \frac{|\dot{y}_1| dt}{\sin \varphi_1} \quad (5.14)$$

Из условия сохранения массы при переходе элемента волокна через кромку колосника, следует $ds_2 = ds_1$. Очевидно, что

$$dS_2 = \sqrt{(\dot{x}_2 dt)^2 + (\dot{y}_2 dt)^2} = V dt = \omega R dt \quad (5.15)$$

Уравнения (5.12-5.15) образуют замкнутую систему для определения следующих неизвестных параметров

$$\dot{x}_2, \dot{y}_2, \dot{x}_1, \dot{y}_1, T_2, P, dS_2, dS_1$$

Исключая неизвестные скорость и $ds_2 = ds_1$, уравнения (5.12) приводим к виду

$$\omega^2 R^2 (\cos \varphi_2 + \cos \varphi_1) = T_2 \dot{\varphi}_2 \cos \varphi_2 - P \dot{\theta} (\sin \theta + f \cos \theta) \quad (5.16)$$

$$\omega^2 R^2 (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1) = T_2 \dot{\varphi}_1 \sin \varphi_1 - P \dot{\theta} (\cos \theta - f \sin \theta) \quad (5.17)$$

$$\text{где } T_2 = \frac{T_2}{\rho_0 F_0}, \quad P = \frac{P}{\rho_0 F_0}$$

Уравнения (5.16-5.17) служат для определения T_2 и P . Эти уравнения имеют следующее решение

$$P = \frac{\omega^2 R^2 \sin\left(\frac{Vt}{R} + \varphi_1\right)}{\cos\left(\frac{Vt}{R} + \theta\right) - f \sin\left(\frac{Vt}{R} + \theta\right)} \quad (5.18)$$

$$T_2 = \frac{\omega^2 R^2 \left[\cos\left(\frac{Vt}{R} + \theta\right) + \cos(\varphi_1 - \theta) + f \sin(\varphi_1 - \theta) + f \sin\left(\frac{Vt}{R} + \theta\right) \right]}{\cos\left(\frac{Vt}{R} + \theta\right) - f \sin\left(\frac{Vt}{R} + \theta\right)} \quad (5.19)$$

Результаты расчетов по уравнениям 5.18 и 5.19 представлены графиками. На рис. 59 кривые 1 и 2 соответственно, для T_2^* и P^* полученные при $\theta=40^\circ$, $f=0,4$; $\varphi_2=10^\circ$,

$0 \leq \varphi_3 \leq 180^\circ$, а для T_2^* и P^* кривые 3 и 4 при $\theta=40^\circ$, $f=0,4$, $\varphi_3=50^\circ$, $0 \leq \varphi \leq 30^\circ$. На рис. 60, кривые 1 и 2 соответственно для T_2^* и P^* полученные при $f=0,4$, $\varphi_2=10^\circ$, $\varphi_3=50^\circ$.

$60^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$. Все расчеты проведены для $V=\omega \cdot R=25 \text{ м/с}$. Минимальное натяжение возникает при $\varphi_3=\pi+\varphi_2$. В последнем случае $T_2^*=0$ - поверхность колосника расположена параллельно оси OX и касание волокна отсутствует. Однако оба эти случая на практике не реализуются. Как известно в используемых на практике волокноочистительных машинах угол φ_3 меняется в пределах $35 - 55^\circ$ (обычно 45°). Полученное решение позволяет рекомендовать оптимальную схему расположения, формы сечения кромки и материала колосника, а также режимы технологического процесса.

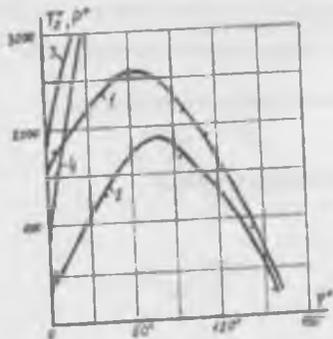


Рис 59

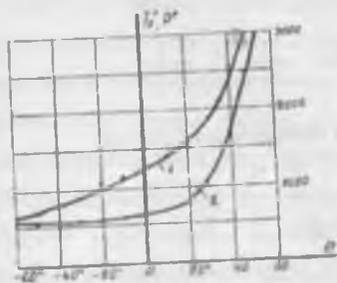


Рис 60

Если например, известно допустимое значение натяжения $[T_2]$ при котором качество очистки будет наиболее оптимальным, то путем изменения угла φ_3 (схемы расположения колосника), коэффициента трения f (материал колосника), угол θ (нормы сечения кромки и скорости вращения зуба (режим технологического процесса) можно добиться чтобы для каждого сорта волокна значение рабочего натяжения T_2 стремилось к $[T_2]$ с целью регулирования режима очистки волокна. Таким образом по предельно допустимым значениям $[P]$ и $[T_2]$ для хлопковых волокон получена возможность определить оптимальные скорости их очистки, формы кромки колосника и его материал.

Немаловажное влияние оказывает на процесс очистки волокон натяжение пучка волокон набегающей ветви в зоне между колосниками. На это натяжение влияет масса прядки, сопротивление воздуха и направление его движения. В первом варианте рассмотрено натяжение прядки без учета инерционных сил. Пусть весомая прядка огибает кромку

колосника радиусом r (рис 61) и протаскивается со скоростью V . Допустим, что сопротивление воздуха действует противоположно направлению перемещения прядки, не зависит от угла атаки и пропорционально первой степени скорости t с

$$R = -kV, \quad k = \text{const} \quad (5.20)$$

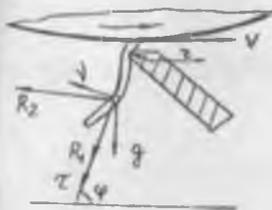


Рис 61

Поэтому на каждую единицу массы прядки действуют две равные по величине силы сопротивления

$$R_1 = R_2 = kV \quad (5.21)$$

R_1 - сила сопротивления появляющаяся за счет перемещения элемента вдоль формы прядки
 R_2 - сила сопротивления, появляющаяся при горизонтальном движении формы прядки
 k - коэффициент сопротивления движению
 g - сила веса

Проектируя внешние силы на направление касательной τ и нормали ν прядки, и с учетом веса прядки получены проекции внешних сил

$$\left. \begin{aligned} F\tau &= kV + g \sin \varphi + kV \cos \varphi \\ F\nu &= kV \sin \varphi - g \cos \varphi \end{aligned} \right\} \quad (5.22)$$

Как видно, при постоянной скорости V внешние силы $F\tau$ и $F\nu$ зависят только от положения прядки волокон

Векторное уравнение равновесия сил, действующих на элемент неоднородной растяжимой прядки, будет

$$\frac{dT}{ds} + \mu F = 0 \quad (5.23)$$

где ds - длина элемента растянутой прядки

dT - натяжение

μ - линейная плотность прядки после растяжения

F - сила, действующая на единицу массы растянутой прядки при равновесии

Линейная плотность прядки после растяжения может быть найдена из закона сохранения массы прядки волокон

$$\mu_s dl = \mu dl = dm \quad (5.24)$$

где dl - длина элемента до растяжения

μ_0 - линейная плотность пряжки до растяжения

Из (5.24) найдена зависимость линейных плотностей пряжки волокон до и после растяжения

$$\mu = \mu_0 \frac{dl}{dS} \quad (5.25)$$

Но зная растяжимость пряжки $f = ds/dl$ уравнение (5.25) переписывается так

$$\mu = \frac{\mu_0}{f} \quad (5.26)$$

Для переменных величин, характеризующих конфигурацию и напряженное состояние (например, для растяжимой и гибкой нити такие как текущие координаты, углы, натяжения) справедлив следующий дифференциальный оператор

$$\frac{d}{dl} = \frac{d}{dS} \frac{dS}{dl} = f \frac{d}{dS} \quad (5.27) \quad \text{отсюда} \quad \frac{d}{dS} = \frac{1}{f} \frac{d}{dl} \quad (5.28)$$

Уравнение (5.23) представляет состояние растянутой пряжки волокон. С учетом (5.26) и (5.28) можно записать уравнение (5.23) для нерастянутой пряжки волокон t с

$$\frac{dT}{dl} + \mu_0(l)F = 0 \quad (5.29)$$

Известно, что натяжение направлено по касательной к гибкой нити или пряжки волокон, поэтому

$$\frac{dT}{dl} = \frac{d}{dl} (T \tau_0) = \frac{dT}{dl} \tau_0 + T \frac{d\tau_0}{dl} \quad (5.30)$$

где τ_0 - орт касательной

Это соотношение преобразовано с использованием формулы Френе-Серре [109] с

$$\frac{d\tau_0}{dS} = \frac{1}{S} \nu_0 \quad (5.31)$$

$$\frac{dT}{dl} = \frac{dT}{dl} \tau_0 + T f(l, T) \frac{d\tau_0}{dS} = \frac{dT}{dl} \tau_0 + \frac{T f(l, T)}{\rho} \nu_0 \quad (5.32)$$

где ρ - радиус первой кривизны пряжки

r_0 - орт главной нормали нити

Подставляя (5.32) в (5.23) получено

$$\frac{dT}{dl} r^0 + \frac{T}{\rho} f(l, T) \bar{v}_0 + \mu_0 \bar{F} = 0 \quad (5.33)$$

Проекция этого уравнения на \bar{t} и \bar{v} с учетом растяжимости пряжки $\frac{dS}{dl} = f(l, T)$ будет

$$\frac{1}{\mu_0(l)} \frac{dT}{dl} + F_t = 0 \quad (5.34) \quad \frac{f(l, T)}{\mu_0(l)} \cdot \frac{T}{\rho} + F_v = 0 \quad (5.35)$$

Если пряжка однородная и растяжимая тогда (5.33) будет при $\mu = const$ и $f = f(T)$ умножая уравнение (5.23) на μ_0

$$\frac{dT}{dl} + \mu_0 F_t = 0 \quad (5.36) \quad f(T) \frac{T}{\rho} + \mu_0 F_v = 0 \quad (5.37)$$

Если внешние силы не зависят от места на пряжке длиной l тогда с учетом (5.27)

$$\left. \begin{aligned} \frac{f(T)}{\mu_0} \frac{dT}{dS} + F_t = 0 \\ \frac{f(T)}{\mu_0} \cdot \frac{\dot{T}}{\rho} + F_v = 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.38)$$

где ρ - радиус кривизны пряжки

Для нахождения T делим первое уравнение (5.38) на второе с учетом, что $\rho = dS / d\varphi$

$$\frac{dT}{dS} \frac{\rho}{T} + \frac{F_t}{F_v} = 0 \quad (5.39) \quad \frac{dT}{dS} \frac{dS}{d\varphi} \frac{1}{T} + \frac{F_t}{F_v} = 0 \quad (5.40) \quad \frac{dT}{T} = \frac{F_t(\varphi)}{F_v(\varphi)} d\varphi \quad (5.41)$$

Дальнейшее решение уравнений (5.41) позволяет получить уравнения натяжения вставки пряжки, как видно из (5.42)

$$T = C_1 \exp \left[\frac{1+\pi^2}{1-\pi^2} \ln(\pi \sin \varphi - \cos \varphi) + \frac{1 - \frac{1+\pi^2}{1-\pi^2}}{2(g \frac{\varphi}{2} + \pi)} \cdot \ln \left| \frac{\sqrt{1+\pi^2} + g \frac{\varphi}{2}}{\pi - \sqrt{1+\pi^2} + g \frac{\varphi}{2}} \right| - \frac{1+\pi^2}{1-\pi^2} \ln(1 + g \frac{2\varphi}{2}) - (1 - \frac{1+\pi^2}{1-\pi^2}) \frac{\varphi}{2} \right]$$

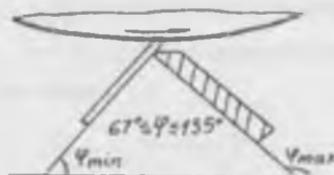


рис. 62

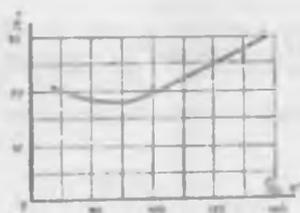


Рис 63

Как видно из полученного уравнения натяжение зависит от угла φ , и сопротивления движению (рис. 62, 63). График показывает, что минимальное натяжение получается при $\varphi = 90^\circ$ следовательно, нужно конструировать колосниковую решетку или подбирать скорость очистки так, чтобы было $\varphi \leq 90^\circ$.

Рассматривая контактные давления при взаимодействии прядки волокон с рабочей кромкой колосников волокноочистительной машины. Можно отметить, что в основном процесс очистки волокон от сорных примесей происходит на кромке колосников имеющих угол при вершине 45° и радиус скругления 0,5-1 мм. При взаимодействии хлопковых волокон с такой кромкой возникает контактное давление оказываемое колосником на волокно и при больших давлениях вероятно разрушение волокон путем надреза, сдавливания. Это было подтверждено в работах ТИТЛП.

Поэтому, воспользовавшись методами определения контактных давлений, разработанных в работе [98], произведены расчеты, по которым построены графики (рис. 64, 65). Контактное давление между волокнами и кромкой колосников согласно [98] определяется по формуле

$$P_0 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{E_k}{n} \cdot \frac{P}{\alpha \cdot r_u}} \quad (5.43)$$

где P_0 - наибольшее контактное давление кромки на волокно

P - нагрузка, сжимающая волокна

η - комплексная характеристика соприкасающихся тел

k - кривизна главных нормальных сечений в точках контакта

α - угол обхвата волокнами кромки колосника

r_u - кривизна переходной поверхности (радиус скругления кромки колосника)

Затравленная зубом пилы прядка волокон при подходе к колосникам со скоростью зуба пилы свыше 24 м/с ударяется о них, в результате этого происходит сжатие прядки волокон. Это сжатие происходит в результате удара, величина которого определяется по формуле [99, 15]

$$P_{уд} = \frac{(m\bar{u} - m\bar{V}) \cdot V}{S} \quad (5.44)$$

где m - масса прядки волокон

\bar{u} - окружная скорость отбойного устройства (в случае неподвижного колосника $\bar{u} = 0$)

\bar{V} - окружная скорость пильного цилиндра

S - размер сечения прядки

$P_{уд}$ - средняя ударная сила рабочей части отбойного устройства на прядку

Расчет силы удара показал, что он равен $P_{уд} = 1,036$ и для прядки массой 11 мг, а для прядки массой 20 мг $P_{уд} = 1,83$ н.

Комплексная характеристика соприкасающихся тел определяется формулой

$$\eta = \frac{1 - \mu_v^2}{E_v} + \frac{1 - \mu_n^2}{E_n} \quad (5.45)$$

где μ_n - коэффициент Пуассона для волокна

μ_v - коэффициент Пуассона для материала колосника

E_v - модуль упругости волокна

E_n - модуль упругости материала колосника

При расчетах контактных давлений в работе [98] коэффициент Пуассона для волокна был принят равным около 0,38, для металла (сталь) равен 0,25 - 0,3, а для полиамида 6 он равен примерно 0,47. Модуль упругости для волокна равен 525000 н/см², для стали $20 \cdot 10^6$ н/см², для полиамида 60 - 1000 н/см². Подставляя эти данные в формулу, получены для металла и полиамида 6 комплексные характеристики соприкасающихся тел. Так для металла и волокна $\eta = 0,00001646$. Для полиамида 6 и волокна $\eta = 0,007807$.

$\sum K$ определяется по формуле [98]

$$\sum K = 2(A+B)$$

В случае когда волокно огибает кромку колосника

$$A=0, \quad B = \frac{1}{2 \cdot r_0}$$

где r_0 - радиус волокна (сечения прядки)

Сечение прядки принято 5 мм, тогда $\sum K$ определится,

$$\sum K = \frac{1}{r_{\text{ар}}} = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ см}^{-1}$$

Построив схему первоначального момента взаимодействия прядки волокон с колосником, получен угол обхвата $= 68^{\circ}$ т.е. длина дуги обхвата $L = 0,059312 \text{ см}$. Подставив эти значения в формулу контактных давлений получено для металлических колосников $P_0 = 2393,1 \text{ н/см}^2$, для полиамидных колосников $P_0 = 109,8 \text{ н/см}^2$.

Из исследований приведенных в [87] следует, что при параллельном расположении, волокна начинают разрушаться при сжатии силой 33000 н/см^2 , при перекрестном расположении 6000 н/см^2 , хаотическом 10000 н/см^2 . Здесь также имеются такие данные, при давлении порядка 2000 н/см^2 снижается прочность хлопкового волокна на растяжение на 5-10%.

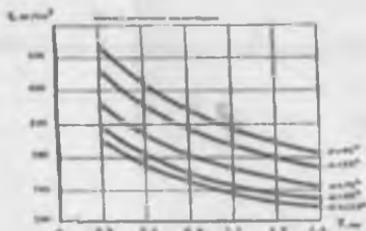


Рис 64

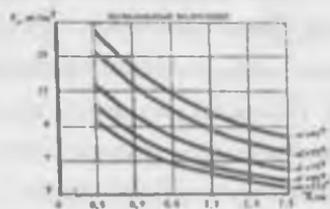


Рис 65

Из полученных значений контактных давлений видно, что полиамидные колосники почти в 22 раза снижают их. Следовательно можно резко сократить механическую повреждаемость волокон, которые возникали на кромке колосника. Особенно уменьшена возможность повреждения низкосортных сортов хлопкового волокна. Из приведенных графиков (рис 64,65) видно, что на обрывность в прядильном производстве могло влиять и снижение прочности на растяжение хлопковых волокон за счет большого контактного давления и механических повреждений вследствие большой силы трения волокон на кромке.

Здесь также надо отметить, что повреждаются в основном волокна которые соприкасаются с поверхностью колосников, а те волокна которые находятся вне непосредственного контакта повреждаются реже и возможно по другим причинам. Необходимо рассмотреть коэффициент восстановления скорости при ударе прядки волокон и крупных сорных примесей в зависимости от материала колосника.

Известно, что отношение скорости тела после удара о какую-то преграду скорости до удара называется коэффициентом восстановления скорости

$$K = [U_n] / [V_n] \quad (5.46)$$

где U_n - нормальная составляющая скорости тела после удара

V_n - нормальная составляющая скорости тела до удара

Также известно, что

$$m(\bar{U} - \bar{V}) = -S \quad (5.47)$$

где m - масса ударяющегося тела

S - ударный импульс

Из уравнения (5.46) получено $U = KV$ (5.48)

Подставляя (5.48) в уравнение (5.47) получим

$$m(K\bar{V} + \bar{V}) = -S \quad (5.49)$$

В уравнении (5.49) неизвестной величиной является коэффициент восстановления скорости, который определяется экспериментальным путем. Для записи полета исследуемого предмета использован видеоматрифон и телевизор, которые позволят просматривать, останавливать в записи полет частиц. Перед проведением экспериментов для удобства расшифровки, сзади установки нанесена сантиметровая сетка, напротив которой расположена телекамера. Коэффициент восстановления скорости определяется при ударе деревянного шарика, хлопкового семени, части стебля и коробочки хлопка-сырца, летучки хлопка-сырца и волокна по стали, полиамиду, карболиту и оргстеклу. Исследования проведены в 10 повторностях и по известным формулам вычислен коэффициент восстановления скорости. Из анализа равенства (5.49) вытекает, что ударный импульс определяется выражением

$$S = mV(1+K) \quad (5.50)$$

Отсюда видно, что значение ударного импульса для полиамида выше, чем для металла, а следовательно надо ожидать что, выделение сорных примесей будет выше

Рассматривается кратковременная сила взаимодействия, когда длительность удара мала, но конечна, тогда импульс силы можно определить выражением

$$S = P(t_2 - t_1) \quad (5.51)$$

где P - значение силы за время удара

t_1 и t_2 - моменты времени соответствующие началу и концу удара t с (t_2-t_1) характеризует время удара. Величину ударного импульса можно определить по формуле (5.50). Тогда ударный импульс для средней величины пряжки весом 11 мг при ударе по металлическому колоснику $S = 0,0003272$ н·сек

Подставляя эту величину в уравнение (5.51) найдем время удара

$$t_2 - t_1 = 0,00003156 \text{ сек}$$

Из проведенных расчетов видно, что время удара пряжки по колосникам зависит от материала колосников так как в формулу (5.50) для определения ударного импульса входит коэффициент восстановления скорости, и чем он больше, тем ударный импульс выше.

5.2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЯЖКИ ВОЛОКОН С КОЛОСНИКАМИ В МОДУЛЕ ОЧИСТКИ

Технологический процесс очистки волокна представляет собой очень сложное взаимодействие пряжки волокон с рабочими органами - колосником и в целом с колосниковой решеткой. Создание математических моделей облегчает анализ событий протекающих в машинах. В технике известно много примеров динамической модели системы в виде сосредоточенных масс, соединенных безинерционными упругими элементами (в виде пружин), характеристики которых принимаются в большинстве случаев линейными. Такое представление реальной системы намного облегчает теоретический анализ, при достаточно высокой точности получаемых результатов. Модель может учитывать скорость вращения пильного вала, зазор между колосниками и пилами, трение волокон о поверхность колосниковых решеток, колебания рабочих органов и другие.

Для выбора определенной модели процесса сформулированы требования к ней, которые заключаются в следующем:

- модель должна учитывать - наличие зазора между пилами и колосниками, скорость пильного вала, колебания рабочих органов машины, упругие характеристики хлопкового волокна и рабочих поверхностей с которыми оно взаимодействует в процессе очистки.

Для описания процесса удара волокон о поверхность колосников принята модель абсолютно твердого тела с упругой безинерционной связью в виде пружины, которая позволяет составить необходимое число уравнений для определения неизвестных и даст достаточную для практики точность результатов. С этой целью пучок волокон в процессе очистки разделен на два участка - первый участок между зубом пилы захватившего волокна и рабочей кромкой колосника, второй участок от рабочей кромки колосника до свободного конца пучка волокон (рис. 66). Первый участок представлен одной сосредото-

массой m_1 (рис 67) и безмассовой пружины с коэффициентом жесткости C_1 . Второй участок состоит из масс m_2 и m_3 и двух безмассовых пружин с коэффициентом жесткости C_2 и C_3 . По колебаниям трех масс можно увидеть движение прядки волокон. Увеличение масс в модели приведет к резкому усложнению решения уравнений.



Рис 66



Рис 67

Для дальнейшего анализа приняты следующие допущения

- пучок волокон однороден и обладает упругостью
- ударный импульс является сосредоточенным
- упругая характеристика пучка волокон подчиняется закону Гюка
- аэродинамика машины в расчет не включается

За начало отсчета принята кромка зуба пилы и рассматривается движение системы по направлениям координатных осей OX и OY (рис 67)

Обоснование перехода от системы с распределенными параметрами к системе с сосредоточенными приведено в [85]

Дифференциальное уравнение движения масс по оси OX и OY , с учетом коэффициента трения между прядкой волокон и поверхностью колосников. Принято, что на первую массу действует возмущающая сила от пильного цилиндра

Упругие связи масс по оси OY представляют собой жесткость материала колосника и прядки волокон. Уравнения движения масс представлены следующим образом

$$\left. \begin{aligned}
 m_1 \ddot{x}_1 + c_1 x_1 - c_2 (x_2 - x_1) + k \dot{x}_1 &= P_0 \sin \omega t \\
 m_1 \ddot{y}_1 + c^0 y_1 &= q \sin \omega t - S_1 \sigma_1(t) \\
 m_2 \ddot{x}_2 + c_2 (x_2 - x_1) - c_3 (x_3 - x_2) + k \dot{x}_2 &= 0 \\
 m_2 \ddot{y}_2 + c^0 y_2 &= q \sin \omega t - S_2 \sigma_1(t) \\
 m_3 \ddot{x}_3 + c_3 (x_3 - x_2) + k \dot{x}_3 &= 0 \\
 m_3 \ddot{y}_3 + c^0 y_3 &= q \sin \omega t - S_3 \sigma_1(t)
 \end{aligned} \right\} (5.2)$$

где $P_0 = \zeta c_1$ - возмущающая сила от пыльного цилиндра

q - кинематическая возмущающая сила действующая на массы от колосника

S_1 - импульс ударной силы

k - коэффициент сопротивления движению волокон при их движении по поверхности колосников

c^* - коэффициент жесткости материала колосника и прядки волокон

$\sigma_1(t)$ - импульсивная функция первого порядка

Систему уравнений (5 52) по оси OX решается матричным способом, а по оси OY представлены уравнениями (5 53)

$$\left. \begin{aligned} Y_1 &= \left(2 \frac{V_{01}}{a^{0.5}} - \frac{h_1 \omega}{a^{0.5}(a-\omega^2)} + \frac{S_1}{m a^{0.5}} \right) \cdot \sin a^{0.5} \cdot t + \frac{h_1}{a-\omega^2} \cdot \sin \omega t \\ Y_2 &= \left(2 \frac{V_{02}}{b^{0.5}} - \frac{h_2 \omega}{b^{0.5}(a-\omega^2)} + \frac{S_2}{m_2 b^{0.5}} \right) \cdot \sin b^{0.5} \cdot t + \frac{h_2}{a-\omega^2} \cdot \sin \omega t + 2V_{02} \cos b^{0.5} t \\ Y_3 &= \left(2 \frac{V_{03}}{c^{0.5}} - \frac{h_3 \omega}{c^{0.5}(a-\omega^2)} + \frac{S_3}{m_3 c^{0.5}} \right) \cdot \sin c^{0.5} \cdot t + \frac{h_3}{a-\omega^2} \cdot \sin \omega t + 2V_{03} \cos c^{0.5} t \end{aligned} \right\} (5 53)$$

Таким образом получены уравнения движения масс по оси OX и OY. Решение уравнений представлены графиками (рис 68)

| | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|-------|
| $(-m_1 \omega^2 + c_1 + c_2)$ | $-k \omega$ | $-c_2$ | 0 | 0 | 0 | x | B_1 |
| $k \omega$ | $(-m_1 \omega^2 + c_1 + c_2)$ | 0 | $-c_2$ | 0 | 0 | | D_1 |
| $-c_2$ | 0 | $(-m_2 \omega^2 + c_2 + c_3)$ | $-k \omega$ | $-c_3$ | 0 | B_2 | |
| 0 | $-c_2$ | $k \omega$ | $(-m_2 \omega^2 + c_2 + c_3)$ | 0 | $-c_3$ | D_2 | |
| 0 | 0 | $-c_3$ | 0 | $(-m_3 \omega^2 + c_3)$ | $-k \omega$ | B_3 | |
| 0 | 0 | 0 | $-c_3$ | $K \omega$ | $(-m_3 \omega^2 + c_3)$ | D_3 | |

Следовательно, для повышения очистительного эффекта необходимо конструировать параметры рабочих органов с учетом приведенных соотношений. Из (рис. 68) видно, что меняя коэффициенты жесткости и сопротивления, а также обороты вальцового цилиндра можно менять амплитуду колебаний масс модели. Кроме этого подбирая необходимую амплитуду колебаний масс можно подойти к выбору материала валосников и скорости очистки. Видно, что применяя пластмассу (полиамид 6) можно упрямки повысить натяжение, что в свою очередь повысит частоту собственных колебаний и т.д.

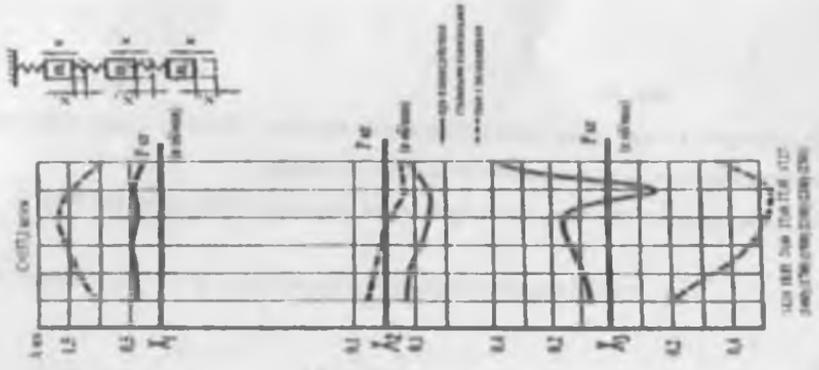
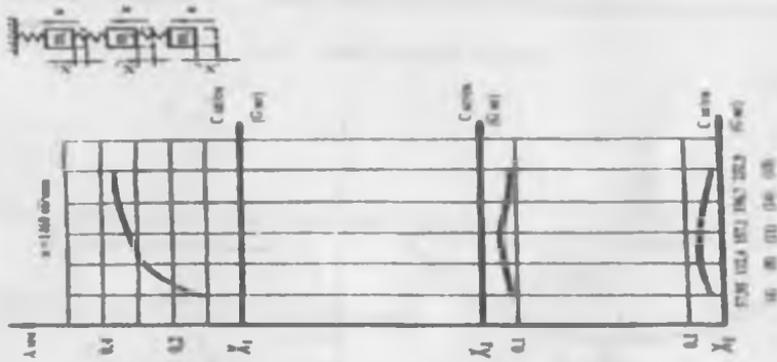


Рис. 68

5.2.1 ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ ПУЧКА ВОЛОКОН ПО ПОВЕРХНОСТИ КОЛОСНИКА ВОЛОКНООЧИСТИТЕЛЯ

Исследования, проведенные до настоящего времени, не уделяли достаточного внимания взаимодействию волокон хлопка с колосниками волоконоочистителя. Имеются фотографии, полученные во время экспериментов, представленные в научных отчетах. Однако теоретическое изучение было не полным. С этой целью, рассмотрена скорость, натяжение на различных участках по длине волокон. Схема имеет вид (рис. 69), на которой точка А - это место закрепления пучка на пильном диске. \dot{X} - скорость движения волокон.

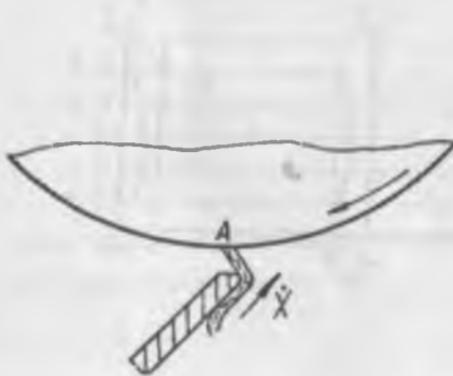


Рис 69

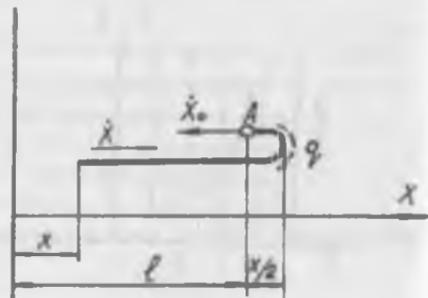


Рис 70

По другому эта схема может быть представлена так (рис. 70), где А - также точка закрепления пучка волокон, q - сила сопротивления действующая на движущийся участок волокон. Уравнение движения пучка имеет вид [95]

$$m_0 \ddot{X} \left(l - \frac{x}{2} \right) - m_0 \frac{\dot{x}^2}{4} + a \left(l - \frac{x}{2} \right) \dot{x} = 0 \quad (5.54)$$

\ddot{X} представлено в виде

$$\ddot{X} = \frac{d\dot{x}}{dx} \cdot \dot{x} \quad (5.55)$$

Тогда уравнение (5.54) будет

$$m_0 \frac{d\dot{x}}{dx} - \frac{m_0 \dot{x}}{4(l - \frac{x}{2})} + a = 0 \quad (5.56)$$

Пологая $\dot{x} = uv$ (5 57) Где u и v - произвольные функции Подставляя (5 55) в

$$(5 56) \text{ получается } uv + uv' - \frac{uv}{4(l - \frac{x}{2})} = \frac{a}{m_0} = 0 \quad (5 58)$$

требуя, чтобы выполнялось условие $v' = \frac{v}{4(l - \frac{x}{2})}$, найдем $v = \frac{1}{(l - \frac{x}{2})^{1/2}}$ (5 59)

функцию найдем из уравнения $u' = -\frac{a}{m_0 v} = -\frac{a(l - \frac{x}{2})^{1/2}}{m_0}$ или

$$u = C_1 + \frac{4a}{3m_0} (l - \frac{x}{2})^{3/2} \quad (5 60) \text{ Окончательно получим}$$

$$\dot{x} = \frac{C_1}{(l - \frac{x}{2})^{1/2}} + \frac{4}{3} \cdot \frac{a}{m_0} (l - \frac{x}{2}), \text{ см/сек} \quad (5 61)$$

Начальными условиями, для решения уравнения (5 61), будут

$$\text{При } t=0 \quad X=0 \text{ и } \dot{X}=\dot{X}_0 \quad (5 62)$$

Поэтому произвольная постоянная C_1 будет равна

$$C_1 = \dot{X}_0 l^{1/2} - \frac{4}{3} \cdot \frac{a}{m_0} l^{3/2} \quad (5 63)$$

Натяжение пучка волокон найдем из уравнения

$$Q_1 = m_0 \frac{d}{dt} \left[C_1 (l - \frac{x}{2})^{1/2} + \frac{4}{3} \cdot \frac{a}{m_0} (l - \frac{x}{2})^2 \right]$$

$$\text{или } Q_1 = -m_0 \left[\frac{C_1}{4(l - \frac{x}{2})^{1/2}} + \frac{4}{3} \cdot \frac{a}{m_0} (l - \frac{x}{2}) \right] \cdot \left[\frac{C_1}{(l - \frac{x}{2})^{1/2}} + \frac{4}{3} \cdot \frac{a}{m_0} (l - \frac{x}{2}) \right] \quad (5 64)$$

Сила сопротивления движению пучка волокон определяется из уравнения

$$q = aX \quad (5 65)$$

где a - коэффициент сопротивления

\dot{x} - скорость движения волокон

Скорость и натяжение пучка определяем по формуле (5 61) и (5 64) при следующих

данных Скорость очистки (скорость зуба пилы) равна $\dot{x} = 25$ м/с (1460 об/мин) Из условий

захвата длина пучка волокон $l = 21$ мм. Масса прядки средней величины $m = 11$ мг.
 Допустим $q = 0,5$ найденная из уравнения (5.65) будет силой сопротивления на единице
 длины. Масса единицы длины пучка волокон $m_0 = m/l$.

Для примера найдена скорость и натяжение через каждые 5 мм по длине прядки волокон

| | | |
|-----------------|------------------------|---------------|
| При $X = 0$ мм | $\dot{X} = 25,31$ м/с | $Q = 5,15$ н |
| При $X = 5$ мм | $\dot{X} = 65,64$ м/с | $Q = 10,98$ н |
| При $X = 10$ мм | $\dot{X} = 165,36$ м/с | $Q = 21,15$ н |
| При $X = 15$ мм | $\dot{X} = 271,99$ м/с | $Q = 25,1$ н |
| При $X = 21$ мм | $\dot{X} = 421,4$ м/с | $Q = 1,84$ н |

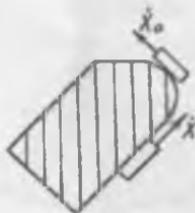


Рис 71



Рис 72

Анализируя полученные значения скоростей можно сделать вывод, что при протаскивании волокон по кромке первого колосника в определенный момент наступит состояние, когда волокна начнут отходить от кромки и контакта не будет. А как известно, одним из основных факторов при очистке хлопкового волокна является соскабливание сорных примесей с поверхности пучка волокон. Отход волокон от кромки можно представить себе по схеме направления скоростей на рис. 69. Так как $\dot{X}_0 = \text{const}$, а \dot{X} увеличивается, то можно сказать, что отход пучка волокон обязательно произойдет (рис. 71, 72).

Из сказанного следует ожидать, что первый колосник будет менее эффективно очищать волокно, т.к. постоянного контакта с колосником нет, следовательно, его износ также будет меньше. Результаты экспериментального подтверждения этого факта приведены ниже.

Также надо отметить, что первый колосник кроме соскабливания и первого вытряхивания сорных примесей организует волокна в прядке т.е. частично выпрямляет, параллелизует волокна, готовит их для организованного взаимодействия с последующими колосниками

5.3 ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОЛОКНА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ПИЛЬНОГО ЦИЛИНДРА

Воздушные потоки образующиеся в волоконоочистителе оказывают существенное влияние на процесс выделения из волокон сорных примесей. Рассмотрены воздушные потоки создаваемые пильным цилиндром при его вращении. От того какой поток - ламинарный или турбулентный - зависит движение прядки волокон, что прямо будет влиять на процесс очистки. Во время вращения диска по его боковым поверхностям перемещаются потоки воздуха. При небольших скоростях вращения они имеют ламинарный характер, а при более высоких - турбулентный. Ламинарное течение воздуха над диском возможно при числе Рейнольдса < 250000 .

$$Re = \omega r^2 / \nu \quad (5.66)$$

где ω - угловая скорость вращения диска, $р/с$

ν - кинематическая вязкость воздуха, $м^2/с$

r - текущий радиус диска, $м$

Из формулы (5.66) максимальный радиус зоны ламинарного течения составит

$$r_{max} = \sqrt{\frac{250000 \cdot \nu}{\omega}} \quad (5.67)$$

Принято $\nu = 15,61 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/с$. Зная, что $\omega = \pi n/30$ уравнение (5.67), будет

$$r_{max} = \sqrt{\frac{250000 \cdot 30 \cdot \nu}{\pi n}}$$

При работе волоконоочистителя пила вращается с частотой $n = 1460$ об/мин. при этом

$$R_{max} = 0,1598 \text{ м} \approx 160 \text{ мм}$$

Как видно за пределами пильного диска диаметром 320 мм ламинарного потока нет

$$\text{при } n = 960 \text{ об/мин} \quad r_{max} = 0,197 \text{ м}$$

$$n = 2500 \text{ об/мин} \quad r_{max} = 0,122 \text{ м}$$

С увеличением частоты вращения пильного цилиндра диаметр (размер) ламинарного потока уменьшается, следовательно зубья пилы, колосники находятся в пограничной зоне

турбулентного потока. Если бы пряжка двигалась в зоне уверенного турбулентного потока то такой поток способствовал бы растрепыванию пряжки волокон тем самым облегчая выделение сорных примесей из-за снижения силы их связи с волокнами.

Такое обоснование дает возможность объяснить причину отказа промышленности от скорости очистки при 960 мин^{-1} и ее перехода на 1460 мин^{-1} . Увеличение числа оборотов даст повышение очистительного эффекта, что доказано многократными экспериментами.

5.3.1 ВЛИЯНИЕ ПИЛЬНЫХ ЦИЛИНДРОВ НА ВОЗДУШНЫЕ ПОТОКИ И ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА В ЗОНЕ ОЧИСТКИ

Рассматриваются скоростные режимы при очистке пряжки волокон. Для анализа представлен рис. 73 [108]. Пусть L элементарный замкнутый контур, мысленно выделенный в пряжке волокон. В этом сечении до удара и после удара находятся одинаковое число волокон, меняется лишь плотность в этом сечении. Выделен в пряжке объем V двумя произвольными поперечными сечениями 1 и 2 и боковой поверхностью пряжки. Массовый расход M этого объема во все время движения остается неизменным. Если ввести в рассмотрение массовую плотность пряжки, вообще говоря, различную в разных точках, то массу выделенного объема можно выразить так

$$M = V \cdot \rho_{cp} \quad (5.68)$$

где ρ_{cp} - средняя в пределах объема плотность

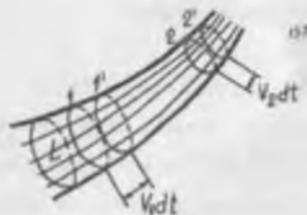


Рис 73

Постоянство массы M во времени t можно записать в такой форме

$$\frac{d(\rho_{cp} \cdot V)}{dt} = 0 \quad (5.69)$$

или т.к. переменным являются здесь и плотность и величина выделенного объема, то

$$V \frac{d\rho_{cp}}{dt} + \rho_{cp} \frac{dV}{dt} = 0 \quad (5.70)$$

Разделив это уравнение почленно на массу объема t с на произведение $\rho_{cp} \cdot V$, тогда получается

$$\frac{1}{\rho_{cp}} \cdot \frac{d\rho_{cp}}{dt} + \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dt} = 0 \quad (5.71)$$

Величина dV представляет собой изменение

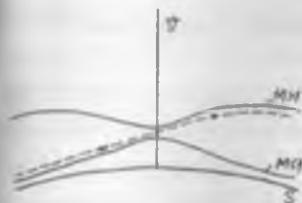


Рис. 74

первоначально выделенного объема и является величиной объемной деформации. Отношение dV/V можно рассматривать как относительную объемную деформацию (т.е. отнесенную к единице объема)

Второе слагаемое в левой части последнего равенства представляет собой скорость относительной объемной деформации. Аналогично первое слагаемое можно рассматривать как скорость относительного изменения средней плотности

Сумма этих двух скоростей должна быть всегда равна нулю. Если $\rho = \text{const}$ тогда при $V \rightarrow 0$ последнее уравнение будет

$$dV/dt = 0 \quad \text{или} \quad dM/dt = 0 \quad (5.72)$$

где M - масса объема V

За время t сечения 1 и 2 сдвинуться и займут положение 1' и 2'. Если плотность постоянна во времени то изменение объема ΔM

$$\Delta M = \Delta M_{22'} - \Delta M_{11'} = \rho_{2cp} \Delta V_{22'} - \rho_{1cp} \Delta V_{11'} \quad (5.73)$$

где ρ_{1cp} - средняя плотность в объеме 11'

ρ_{2cp} - тоже в объеме 22'

Скорость сечения 1 обозначена через V_1 , площадь его через σ_1 , соответственно V_2 и σ_2

Тогда объем 11' будет $V_1 dt \sigma_1$, для 22' - $V_2 dt \sigma_2$. Изменение масс будет

$$\Delta M = \rho_{2cp} V_2 \sigma_2 \Delta t - \rho_{1cp} V_1 \sigma_1 \Delta t \quad (5.74)$$

Деля на Δt и устремляя его к нулю получается уравнение неразрывности движения для элементарного слоя (волокна) пряжки

$$dM/dt = \rho_2 V_2 \sigma_2 - \rho_1 V_1 \sigma_1 \quad (5.75) \quad \text{или} \quad \rho_1 V_1 \sigma_1 = \rho_2 V_2 \sigma_2 \quad (5.76) \quad \text{но учитывая,}$$

что сечение 1 и 2 были взяты произвольно то вдоль пряжки $\rho V \sigma = \text{const} \quad (5.77)$

Дифференцируя это уравнение и деля затем почленно на $\rho V \sigma$ получено

$$\frac{d\rho}{\rho} + \frac{dV}{V} + \frac{d\sigma}{\sigma} = 0 \quad (5.78)$$

отсюда

$$\frac{d\sigma}{\sigma} = -\frac{d\rho}{\rho} - \frac{dV}{V} = -\frac{dV}{V} \left(1 + \frac{\rho}{dV}\right) \quad (5.79)$$

Используя уравнения энергии в дифференциальной форме предыдущее уравнение с учетом, что

$$VdV = -(1/\rho) dP \quad (5.80)$$

будет

$$d\sigma/\sigma = (dV/V) \left(V^2 \frac{d\rho}{dP} - 1 \right) \quad (5.81)$$

или с учетом распространения звуковых колебаний получены по относительной объемной деформации

$$dV/V = -V/a \quad (5.82)$$

где a - скорость звука. По закону пропорциональности между изменением давления и относительной объемной деформации можно написать

$$dP = -E \frac{dV}{V}, \quad \text{здесь } E \text{ модуль упругости} \quad (5.83)$$

приближенную относительную объемную деформацию можно получить из уравнения (5.79)

$$dV/V = -d\rho/\rho \quad \text{тогда} \quad E = \rho dP/d\rho$$

Подставляя это в формулу распространения скорости звука $a = \sqrt{E/\rho}$, получено

$$a = \sqrt{dP/d\rho} \quad (5.84)$$

Тогда уравнение (5.81) будет

$$\frac{d\sigma}{\sigma} = \frac{dV}{V} \left(\frac{V^2}{a^2} - 1 \right) \quad (5.85)$$

Полученное уравнение устанавливает зависимость между площадью поперечного сечения пряжки и скоростью его движения. Из уравнения видно, что если $V < a$ т.е. скорость пряжки меньше скорости звука то выражение в скобках отрицательно по знаку и следовательно знак $d\sigma$ обратен знаку dV . Это означает, что если вдоль пряжки площадь поперечного сечения возрастает, то скорость в ней убывает и наоборот.

Обозначив через M отношение V/a и если оно меньше 1 (дозвуковая область), то последнее уравнение запишется так

$$\frac{d\sigma}{\sigma} = \frac{dV}{V} (M^2 - 1) \quad (5.86)$$

Сопоставляя эту формулу с уравнением (5.85) можно выяснить механический смысл

числа M
$$M^2 = - \frac{d\rho/\rho}{dV/V}, \quad (5.87)$$

Знаменатель этого выражения dV/V представляет относительное изменение скорости прядки. Числитель - изменение плотности прядки при изменении ее скорости, т.е. M обозначает сжимаемость прядки t_k скорость звука как характеристика сжимаемости относится к покоящейся среде, а число M связано с движущейся прядкой. Кроме этого последнее соотношение показывает, что знак dp при установившемся режиме всегда противоположен знаку dV т.е. при нарастании скорости вдоль прядки ее плотность уменьшается т.е. она делается более рыхлой и наоборот. Далее видно, что при дозвуковом режиме относительное изменение плотности меньше относительного изменения скорости, тогда как при сверхзвуковом состоянии относительное изменение плотности превосходит по величине относительное изменение скорости.

Если бы скорость перемещения сечений прядки была бы меньше скорости распространения звука ($M < 1$), то при прохождении прядки через кромку колосника изменение этой скорости было бы таким (рис. 74), на котором S - периметр рабочей части кромки колосника. Как видно, из рис. 74 скорость перемещения сечений прядки на кромке больше t_k пучок волокон здесь имеет максимальную плотность. До и после кромки прядка имеет сравнительно меньшую плотность. Обратная картина будет, если скорость перемещения сечений прядки будет больше скорости звука ($M > 1$).

По закону истечения в атмосферу будет иметь место расширение потока, что можно принять за вторую часть графика, т.е. его продолжение. В этой части скорость перемещения относительно узкой части перейдя кромку колосника начнет падать. Как известно при истечении из сопла Лаваля при расширении сечения скорость истечения увеличивается, согласно закону сохранения массы. Характер перемещения пучка волокон в воздушном потоке в данном случае можно принять идентичным выше указанному истечению из сопла Лаваля. Этот факт позволяет скорость прогаскивания не гасить, а увеличивать, что способствует уменьшению плотности т.е. увеличению распушенности волокон, тогда движение пойдет по пунктирной линии, а прядка начнет распушаться, тем самым облегчая передвижению соринки изнутри к поверхности с последующим выделением в отходы.

Указанное число M (число Н.В. Маиевского) является критерием не только для характеристик сжимаемости газа, но также критерием динамического подобия для сил давления и инерции [108].

Эти рассуждения подтверждают скорости сечений прядки полученные при исследовании волновых процессов. Распушение прядки волокон наблюдается на фотографиях процесса. Таким образом появляется возможность управления технологическим процессом очистки волокон, проектировать рабочие соротбойные органы и режимы очистки волокон. Например, повышение скорости очистки приводит к раннему

появлению повышенных скоростей в сечениях пряжки волокна со всеми положительными вытекающими отсюда последствиями

Взаимное перемещение двух тел в вязкой воздушной среде сопряжено с образованием и взаимодействием пограничных слоев, которые передают воздействие одного тела на другое еще до образования механического контакта между телами за счет вязкого трения воздуха. Таким образом механическому взаимодействию предшествует усилие вязкого трения, которое в ряде случаев может быть достаточным не только для перемещения тела но и для отделения волокна или группы волокон или соринки находящихся на поверхности пряжки. Кроме того, из-за большой скорости перемещения пряжок воздушный поток уплотняет пряжку, прижимая волокна друг к другу. Следовательно, при рассмотрении технологического процесса очистки волокна нужно учитывать как механические так и аэродинамические аспекты данной работы.

Несовершенство конструкции машины в аэродинамическом плане приводит к перерасходу мощности конденсоров из-за дополнительного подсоса воздуха. Это явление отрицательно сказывается на правильном протекании технологического процесса. Например, выделяющиеся сорные примеси из-за малого веса, а отдельные волокна или кожица с волокном, улюк, обладающие большой парусностью могут увлекаться струей подсосываемого воздуха в рабочую зону очистки и транспортироваться далее к конденсору и на прессование. Поэтому изучение влияния воздушных потоков на технологический процесс постоянно должно быть в поле внимания исследователей.

Поток воздуха, идущий на встречу с колосником и встречаясь с ним разделяется на два потока. Один поток движется через зазор между колосником и пыльным цилиндром, другой движется вдоль передней поверхности колосника в угарную камеру. Разделение потока воздуха происходит на кромке колосника в некоторой точке А (рис. 75). Такая точка называется точкой торможения потока. Скорость воздуха здесь равна 0. Давление в ней определяется формулой (5.88) [108]. Согласно, закона сохранения энергии кинетическая энергия потока при ударе с кромкой колосника превращается в потенциальную энергию. Поэтому давление лобового сопротивления в точке А можно рассчитать по формуле

$$P_k = \frac{\rho v^2}{2} + P_* \quad (5.88)$$

где P_0 - полное давление

ρ - плотность воздуха

P_* - давление воздуха перед колосником



Рис. 75

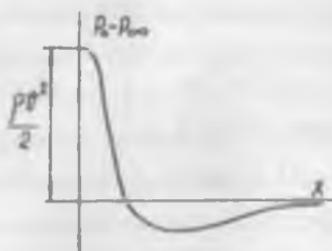


Рис. 76

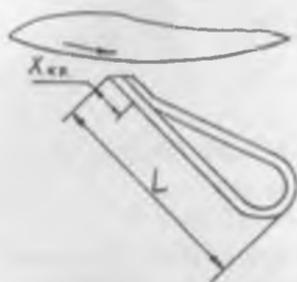


Рис 77

Длина ламинарного участка $x_{кр}$, определяется из соотношения

$$\frac{x_{кр}}{L} = \frac{R_{1,cr}}{Re}, \quad x_{кр} = \frac{R_{1,cr} \cdot L}{Re} \quad (5.89)$$

где L - длина сечения колосника ($L = 90$ мм)

Давление в других точках поверхности кромки распределяется по следующему примерному графику [108] изображенному на рис 76. где X - длина периметра кромки колосника в сторону от точки A_0 P_0 - давление воздуха перед колосником.

Появление отрицательного давления на кромке говорит о том, что при обтекании кромки прядкой волокон появляются силы разрежения прижимающие волокна к поверхности колосника в начале взаимодействия прядки с колосником, а во второй стадии когда прядка отходит от поверхности эти силы способствуют распушению, развоению прядки волокон так нижняя часть волокон прядки как бы присосана к кромке а верхняя подхватывается верхней частью воздушного потока имеющего большую скорость и разъединяет волокна ранее прижатые друг к другу. Это наблюдается на фотографиях [85]. При обтекании воздушным потоком поверхности колосника, на ней по периметру профиля образуются участки с ламинарным и турбулентным течением. А в слое, непосредственно примыкающем к поверхности колосника течение всегда ламинарное. Место перехода ламинарного течения (рис 77) в турбулентное при увеличении расстояния от поверхности колосника определится критическим значением числа Рейнольдса.

для больших скоростей принимается $R_{кр} = 9 \cdot 10^4 - 1,1 \cdot 10^6$ [108] Для данного случая эти числа можно принять на порядок ниже т.е. $R_{кр} = 9 \cdot 10^3$, тогда

$$X_{кр} = \frac{9 \cdot 10^3 \cdot 0,09}{250000} = 0,00324 \text{ м} = 3,24 \text{ мм}$$

Толщина ламинарного пограничного слоя определяется по формуле [108]

$$\delta = 3,46 \sqrt{\frac{v \cdot X}{V}}$$

где X - текущая длина сечения колосника

Разделив L на 4 участка определяется δ

$$\delta_{22,5} = 3,46 \sqrt{\frac{15,61 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0225}{25}} = 0,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\delta_{45} = 0,58 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \quad \delta_{67,5} = 0,71 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \quad \delta_{90} = 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Толщина турбулентного пограничного слоя определяется формулой [108]

$$\delta = 0,37 \left(\frac{v}{V \cdot X} \right)^{1,5} X$$

$$\delta_{22,5} = 0,37 \left(\frac{15,61 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 0,0225} \right)^{1,5} \cdot 0,0225 = 0,00102 \text{ м} = 1,02 \text{ мм}$$

$$\delta_{45} = 1,78 \text{ мм}, \quad \delta_{67,5} = 2,456 \text{ мм}, \quad \delta_{90} = 2,263 \text{ мм}$$

Касательные напряжения рассчитывают по формуле [108]

$$\tau_w = \frac{\mu V}{\delta} = 0,332 \sqrt{\frac{\mu \rho^{1/3}}{X}} \quad (5.90)$$

где μ - коэффициент вязкости ($\mu = 1,85 \cdot 10^{-4}$ кг·с/м²)

ρ - плотность воздуха ($\rho = 0,125$ кг·с²/м⁴)

V - скорость воздуха

X - текущая координата

$$\tau_{022,5} = 0,332 \sqrt{\frac{1,85 \cdot 10^{-4} \cdot 0,125 \cdot 25^3}{0,0225}} = 0,12373 \text{ кг/м}^2$$

$$\tau_{45} = 0,0875 \text{ кг/м}^2, \quad \tau_{67,5} = 0,0714 \text{ кг/м}^2, \quad \tau_{90} = 0,0619 \text{ кг/м}^2$$

Направление, в котором движется в окружающую среду оторвавшийся от тела пограничный слой, составляет с контуром колосника угол, определяемый по формуле [108]

$$\text{tg} \alpha = \frac{V_x}{V_y} = \frac{\delta}{l} = \frac{1}{\sqrt{Re}} \quad \frac{1}{\sqrt{Re}} = 0,002 \quad \text{что составляет около } 6^\circ$$

Практически в месте перехода прямолинейного участка колосника в цилиндрический происходит отрыв ламинарного слоя и начинают образовываться с обеих сторон колосника

завихрения. В этом месте, ($\text{tg} \alpha = 0$) касательные напряжения на поверхности колосника направлены в одну сторону. Но за этой линией возникает обратное движение пограничного слоя и так происходит образование вихря

Отрыв пограничного слоя происходит в виду того, что в задней части колосника скорость вне слоя вдоль контура убывает, но из-за этого давление нарастает и частицы воздуха поэтому имеют отрицательное ускорение

Под тремя пыльными цилиндрами установлено 10 колосников, следовательно таких завихрений будет 20. Понятно, что в ядрах завихрения давление отрицательное, поэтому выделяющиеся соринки, волокна будут увлекаться к центру вихря и удерживаться там до тех пор, пока масса накопившихся отходов под собственным весом достигшим и превысившим силу разряжения не упадет в нижнюю часть угарной камеры. На самом деле, наблюдения за работой колосников показывает, что при начале работы волокноочистителя когда решетка еще была чистой, через некоторое время в низу каждого колосника скапливаются волокнистые отходы и даже перекрывают ход для выделения сора выделяющегося при очистке. Поэтому специальные рабочие - чистильщики время от времени открывают жалюзийные решетки и очищают колосники



Рис 78

Спроектированные в конструкторском бюро по хлопкоочистке в последние годы колосники (рис 78) устраняют появление завихрений и скапливания там волокнистых отходов

5.4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛОСНИКОВ В УСЛОВИЯХ ХЛОПКОЗАВОДА

Совместно с ОАО «Пахта Жин КБ» были проведены испытания нескольких конструкций колосниковых решеток. Для этого на механическом заводе "Хлопкозачасть" Госагропрома Таджикистана было изготовлено 12 колосниковых решеток для волокноочистителя 3 ОВПМ работающего в паре с джином марки 3 ХДДМ на хлопкозаводе (рис 79).

| | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| сумма пороков и засоренности волокна в %, в том числе | 4,74 | 4,14 | 5,1 | 4,65 | 5,42 | 4,36 | 5,1 | 3,9 | 5,34 | 4,25 |
| Крупный сор | 1,81 | 1,67 | 1,65 | 1,6 | 2,37 | 1,89 | 2,18 | 1,77 | 2,19 | 1,84 |
| Улюк | 0,8 | 0,71 | 1,3 | 1,21 | 0,58 | 0,48 | 1,05 | 0,61 | 1,0 | 0,7 |
| битое семя | 0,83 | 0,66 | 0,85 | 0,73 | 0,67 | 0,59 | 0,67 | 0,62 | 0,45 | 0,34 |
| мелкий сор | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,9 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,9 | 0,7 |
| кожица с волокном | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,6 |
| Содержание свободного волокна в отходах, % | 42 | | 36,6 | | 29,2 | | 20 | | 25,6 | |
| Масса отходов, кг | 3,2 | | 5,1 | | 4 | | 3,5 | | 4,25 | |
| Время опыта, мин | 18 | | 21 | | 21 | | 23 | | 21 | |

5.5 РАСЧЕТ ФОРМЫ КРОМКИ КОЛОСНИКА ПОВЫШАЮЩЕЙ ЕГО ОЧИЩАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

Известны колосники волоконочистительных машин, имеющие разные формы, размеры материал, покрытия на рабочие участки колосников. Все указанные мероприятия направлены на повышение эффективности работы как отдельных колосников, так и всей решетки, а также на сохранение физико-механических свойств хлопковых волокон.

По многим научным исследованиям известно, что при очистке волокон на прямочных машинах штапельная длина волокон уменьшается примерно на 1 мм, появляются механические повреждения волокон. Изучение силового взаимодействия волокон с кромкой колосников показало появление значительных ударных сил, напряжений в волокне. Для уменьшения сил и напряжений ранее автором было предложено использовать на колосники пластмассовые насадки. Дальнейшее исследование по выполнению кромки колосников скругленной по радиусу показало, что оно недостаточно обосновано. Проведенная стробосъемка показала, что конец пряжки волокон в конце ее

взаимодействия с кромкой колосника несколько отходит от нее. Теоретическое исследование этого процесса должно было проявить многое.

При очистке волокон прядки ударяется о кромку колосника, затем по ней протаскивается. При этом между ними возникают силы связи, которые оказывают значительное влияние на процесс очистки. Сила связи определяется по формуле

$$F = M \frac{V_i^2}{R_i} \quad (5.91)$$

где, M - масса прядки

V_i - скорость движения волокон по кромке колосника

R_i - радиус закругления (кривизны) в каждой данной точке (или момент времени)

Для исключения повреждения волокон при его контактировании с поверхностью кромки колосника во все время взаимодействия необходимо добиться того, чтобы сила F сжимающая волокна не была переменной и не превышала определенных пределов, после которого начинают разрушаться волокна. Скорость зуба пилы V_0 постоянна и равна 25 м/с. Скорость V_i каждого отдельного участка свисающей с кромки колосника, части прядки волокон после первого контакта с колосником определена в начале исследования. Из расчетов видно, что скорость V_i для каждого участка длины прядки различна. Следовательно, после подстановки значений в формулу выведенную из уравнения (5.91)

$$R_i = \frac{M V_i^2}{F} \quad (5.92)$$

получим разные радиусы скруглений, в каждый момент времени. Допустим, что масса волокон на каждом участке по длине прядки одинакова. Сила связи F между прядкой волокон и поверхностью колосника должна быть постоянной, тогда технологический процесс будет протекать стабильно. Расчет значений R показал, что его изменение подчиняется закону параболы. Напишем уравнение параболы

$$y = ax^2 + bx + C \quad (5.93)$$

Подставив в него значение $x = 0$ можно найти значение постоянной C , которая равна $C = 25,31$. Как было отмечено выше x это значение текущей координаты (т.е. рассматриваемое сечение прядки). При следующих значениях X и V получим систему уравнений, из которых можно получить значение коэффициентов a и b

$$a 5^2 + b 5 = -65,64 - 25,31$$

$$a 10^2 + b 10 = -165,35 - 25,31$$

Решая эту систему, найдем, что

$$a = -0,17535 \quad b = -17,3133$$

тогда

$$y = -0,17535 X^2 - 17,3133 X + 25,31$$

Если построить график Y и X увидим форму параболы. Из изложенного вытекает, что переднюю грань и кромку колосников очистителей волокна следует изготавливать по форме параболы с целью снижения механических повреждений волокон.

Кроме этого, в существующих колосниковых решетках кинетическая энергия прядки волокон не изменяется, а длина свисающей части прядки волокон уменьшается из-за того, что конец прядки закрепленный на зубе пилы без остановки движется с высокой скоростью. Такой процесс приводит к огромным скоростям участков свисающей части прядки. Рабочая кромка работает как отсекающий кинетической энергии.

Форма кромки колосника выполненная по параболе позволит за счет перекатывания точки отсечения по поверхности кромки, сохранить постоянство контакта волокон с колосником.

5.6 ВЛИЯНИЕ КОЛОСНИКОВОЙ РЕШЕТКИ НА ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПРЯДКИ ВОЛОКОН

При протаскивании прядки волокон по поверхности колосниковой решетки из прядки выскабливаются и вытряхиваются сорные примеси. Экспериментальные исследования показали, что в процессе взаимодействия прядки волокон с кромкой колосников, последние изнашиваются неодинаково, т.е. первый и третий колосник изнашивается меньше чем второй и четвертый. Это показывает неодинаковое воздействие колосников на очищаемый продукт. Интенсивность очистки зависит от частоты вращения пыльного цилиндра, шага колосников, жесткости прядки волокон. В случае если частота воздействия на прядку совпадает с ее собственной частотой колебаний, тогда это приведет к интенсивному выделению сора. Понятно, что частота собственных колебаний прядки волокон и соринок будут отличаться друг от друга. В работе [103] прядка волокон представлена в виде механической системы (рис. 80), в которой для волокон частота собственных колебаний



Рис. 80

$f_b = 15,6$ гц, а для сора $f_c = 626$ гц. Если частота вынужденных колебаний сора будет равна частоте его собственных колебаний наступит неустойчивое состояние и соринка выделится из прядки волокон. Так А. Узиков [103] для очистителя волокна тонковолокнистых сортов имеющих диаметр колкового барабана

260 мм, шаг колосников 20 мм провел эксперименты меняя частоту вращения барабана, результаты его расчетов приведены в таблице 5 2

Таблица 5 2

| Показатели | Частота вращения колкового барабана. мин ⁻¹ | | | |
|--|---|------|------|------|
| | 700 | 800 | 1000 | 1200 |
| Частота воздействия колосников на прядку ($f = \pi D n / 60 t_s$), гц | 476 | 542 | 678 | 812 |
| Очистительный эффект, % | 24,3 | 32,8 | 43,5 | 38,4 |

Для очистителя волокна средневолокнистых сортов результаты подобных расчетов приведены в таблице 5 3

Таблица 5 3

| Частота вращения пильного цилиндра. мин ⁻¹ | 1460 | | 2000 | | 2500 | |
|--|-------|------|------|------|------|------|
| | 45 | 20 | 45 | 20 | 45 | 20 |
| Шаг колосников, мм | 45 | 20 | 45 | 20 | 45 | 20 |
| Частота воздействия колосников на прядку ($f = \pi D n / 60 t_s$), гц | 543,3 | 1222 | 744 | 1675 | 990 | 2093 |

Из таблицы видно, что при шаге колосников 20 мм частота воздействий кратна частоте собственных колебаний сорняков. Чем выше скорость очистки, тем выше частота воздействий. Технологические эксперименты также подтверждают данные выводы, а именно, с повышением скорости очистки из волокна больше выделяются сорные включения и пряжа получается менее засоренной.

5 7 ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА КОЛОСНИКОВ НА ВЕЛИЧИНУ УДАЛЯЕМЫХ СОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Выше было отмечено, что для облегчения выделения сорных примесей имеющихся в волокне, необходимо сохранить их величину в процессе первичной переработки хлопка

Одним из путей направленных на это, является применение более податливых материалов для рабочих органов. При соударении соринки с поверхностью сороудаляющих поверхностей (колосников) происходит некоторое дробление сорных примесей, в результате вес их уменьшается и выделение из волокнистой массы затрудняется, кроме этого наличие больших воздушных потоков в машине может легко увлечь мелкие соринки вместе с очищенным волокном на прессовую установку.

Для устранения подобного явления, применены пластмассовые насадки для колосников о которых отмечено выше.

С целью проверки изложенного проведены эксперименты непосредственно в производственных условиях на Учкурганском хлопкоочистительном заводе. Методика проведения экспериментов: если поместить сорные примеси различной величины в боксы, пробирки и др. имеющие одинаковый объем вместимости, то крупные сорные примеси одинакового объема в сравнении с мелкими будут иметь меньший вес так мелкие соринки укладываются плотнее, чем крупные. Отбор соринки производится из выделяющихся отходов волокноочистителя в трех сечениях (с краев и середины) под каждым пыльным валом. Результаты опытов приведены в табл. 5.4., из которой видно уменьшение веса сорных примесей при применении полимерных колосников, следовательно высказанное предположение подтверждается и способность выделения сорных примесей облегчается.

Таблица 5.4

| Вариант опыта | | Колосник стальной толщиной 6,25 мм | | | Колосник стальной толщиной 12,25 мм | | | Колосник с полиамидными насадками общая толщ 12,25мм | | |
|-------------------|-------------|------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------|--|----------------------|------------------|
| Стальной колосник | Полиамидные | Очищенное волокно % | Волокнистый отход % | Сор в отходах % | Очищенное волокно % | Волокнистые отходы % | Сор в отходах % | Очищенное волокно % | Волокнистые отходы % | Сор в отходах, % |
| 7 | 1 | 95,98 | 2,61 | 0,345 | 96,07 | 2,69 | 0,34 | 97,42 | 1,58 | 0,365 |
| 5 | 4 | 95,33 | 3,54 | 0,39 | 96,74 | 2,08 | 0,41 | 97,33 | 1,78 | 0,330 |
| 6 | 2 | 96,69 | 2,42 | 0,33 | 96,93 | 1,88 | 0,37 | 97,82 | 1,26 | 0,400 |
| 3 | 8 | 96,44 | 2,72 | 0,35 | 97,24 | 1,7 | 0,33 | 97,7 | 1,33 | 0,370 |

5 В КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Значение свойств и характера движения прядки волокон в назначении режимов их очистки.
- 2 Анализ конструкции рабочих органов и их геометрических параметров
3. Что собой представляет прядка волокон, каким образом она приобретает существующие параметры – размер, массу, форму, повреждения и т.д.?
- 4 Как связаны с волокнами сорные примеси? Физико-механические свойства сорных примесей, сила их сцепления с волокнами
- 5 Значение волновых процессов, протекающих в прядке волокон их влияние на движение сорных примесей и усилий, возникающих в волокне
- 6 Роль контактных напряжений возникающих при ударе прядки волокон о соротбойные органы
- 7 Моделирование процесса очистки волокон и его значение при выборе режимов очистки
- 8 Какие скорости и натяжения возникают в прядке волокон при их взаимодействии с рабочими поверхностями колосников? Положительные и отрицательные стороны этих явлений
- 9 Влияние воздушных потоков, образующихся при волоконоочистке, на очистительный процесс
10. Влияние геометрических и конструктивных параметров рабочих органов очистителей волокна на образование воздушных потоков в волоконоочистителях.
- 11 Материал основных рабочих органов машины, его влияние на эффективность процесс очистки, повреждаемость волокон и размеры удаляемых сорных примесей
12. Влияние колебаний рабочих органов на процесс очистки волокон
- 13 Разработка конструктивных и технологических предложений по повышению эффективности очистки волокнистых материалов.

14. Требования к предшествующим очистителям волокна с целью достижения высокого очистительного эффекта
15. Поиск новых способов очистки волокна с целью сохранения их физико-механических свойств

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Каримов И А Узбекистан по пути углубления экономических реформ Ташкент Узбекистон. 1995 247с
- 2 Макудов И Т, Нуралиев А Н Справочник по первичной обработке хлопка УЗГОСХЛОПКОПРОМСБЫТ и НПО "ХЛОПКОПРОМ" Ташкент Мехнат. 1994 573с
- 3 Мирошниченко Г И Основы проектирования машин первичной обработки хлопка М Машиностроение. 1972 486с
- 4 Курбанова Г А Исследование механизмов питания и регулирования машин для очистки хлопка Рукопись ТИТЛП, Ташкент, 1974 117с
- 5 Корабельников Р В Теоретические и экспериментальные исследования процессов и конструкций рабочих органов машин для переработки тонковолокнистого хлопка с целью повышения качества и эффективности их работы Автореф дисс д.т.н Кострома КТИ. 1981
- 6 Расулов А Разработка оптимальной системы питания хлопком-сырцом валичного джина Дисс. к.т.н ТИТЛП Ташкент ТИТЛП.1982 211с
- 7 Бурнашев Р З Теоретические основы технологии очистки хлопка-сырца Автореф дисс д.т.н Кострома КТИ. 1981 41с
- 8 Хафизов И К Совершенствование техники и технологии переработки тонковолокнистого хлопка-сырца Автореф дисс д.т.н Кострома КТИ. 1984 387с
- 9 Бахтиярова Ф М Совершенствование процесса питания валичного джина хлопком с целью повышения качества волокна Дисс к.т.н Ташкент ТИТЛП, 1985 173с
- 10 Якубов Д Я Разработка и оптимизация нестационарных процессов подготовки хлопка к дженированию и повышение эффективности работы волоконотделителей Автореф дисс д.т.н Кострома КТИ, 1989 37с
- 11 Тютин П Н Анализ и совершенствование процессов пыльного дженирования применительно к лоточной технологии обработки хлопка-сырца машинного сбора Автореф дисс д.т.н Кострома КТИ, 1985 32с

- 12 Белоковский И Н Исследование процесса регулирования питания хлопком-сырцом технологических машин в хлопководстве Дисс — к т н Ташкент ТИИМСХА, 1973 178с
- 13 Лугачев А Е Исследование основных элементов очистителей хлопка-сырца с целью повышения качественных показателей процесса Дисс — к т н Ташкент ТИТЛП, 1981 186 с
- 14 Болдинский Г И Теоретические основы оптимального процесса пыльного джинирования и вопросы порокообразования при нем Автореф дисс — д т н М МТИ, 1970 53с
- 15 Максудов И Т Повышение эффективности съема волокна и его очистки в пыльном джине Дисс — к т н Ташкент ТИТЛП, 1972 206 с
- 16 Тхипхавонгсай П Повышение эффективности питателя пыльного джина Дисс — к т н Ташкент ТИТЛП, 1991 174с
- 17 Хафизов И К, Расулов А О разрыхлительном эффекте разделителя долек хлопка-сырца на летучки // Хлопковая промышленность 1975, № 5 с 7- 8
- 18 Давидбаев Х К Исследование и выбор оптимальных параметров бункера-накопителя для интенсификации питания хлопком-сырцом батарей джин и очистительных машин Дисс — к т н Ташкент ТИТЛП, 1974 247с
- 19 Попелло А П и др Текстилка и технология производства хлопка-сырца и его первичная обработка в США Ташкент УзИИНТИ, 1977 207 с
- 20 Continental eagle corporation, 1998, проспект оборудования
- 21 Gentle ginning system, 1998, проспект оборудования
- 22 Балтабаев С Д Предварительная очистка хлопка-сырца машинного сбора от сорных примесей Дисс — к т н Ташкент ТИТЛП, 1949 184 с
- 23 Самандаров С А Некоторые элементы теории очистки хлопка-сырца // Сборник НИР ИЦНИИХПррома Ташкент, 1958 № 4 18 с
- 24 Левкович Б А и др Первичная обработка хлопка М Гизлегпром, 1950 280с
- 25 Джамалова М М К вопросу очистки хлопка-сырца от мелкого сора Дисс — к т н Ташкент ТИТЛП, 1961 166с
- 26 Гусейнов В Н Исследование процесса очистки хлопка-сырца от мелкого сора Дисс — к т н Ташкент ТИТЛП, 1973 213с
- 27 Левкович Б А и др Теория очистительной сетки с круглым и эллиптическим профилем прутка // Изв АН РУз Ташкент, 1964 № 1 28с
- 28 Тютин П Н, Лугачев А Е О выделении сора через ячейки сетчатых поверхностей // Механическая технология волокнистых материалов 1977, № 29 с 51 – 58
- 29 Сосновский Ю С Исследование и выбор оптимальных параметров очистителей тонковолокнистого хлопка-сырца машинного сбора Дисс — к т н Ташкент ТИТЛП, 1971 222с

- 30 Султанов А. Исследования по изысканию оптимальных способов очистки хлопка-сырца от мелкого сора Автореф. дисс. к.т.и. Ташкент. ТИТЛПИ, 1980 23с
- 31 Богомолов В.А. Исследование и выбор технологического процесса в Азербайджане Автореф. дисс. к.т.и. Ташкент. ТИТЛПИ, 1974 24с
32. Сапон А.Д., Самандаров С.А. и Либстер С.А. Поточная линия первичной обработки хлопка-сырца ПЛПХ // Хлопковая промышленность 1977 № 3 с 25 - 26
- 33 Нестеров Г. П., Бородин П. Н. и Беялов Р. Ф. Новая поточная линия сушки и очистки хлопка-сырца // Хлопковая промышленность 1978 № 1 11 - 13с
- 34 Павлов Н.Т. Курс хлопкопрядения М. Гизлегпром, 1932 429с
- 35 Федоров В.С. Технология первичной обработки хлопка М. Гизлегпром, 1937 687с
- 36 Милохов Н.И. Первичная обработка хлопка М. Гизлегпром, 1959 526с
- 37 Бурнашев Р.З., Лугачев А.Е., Фазылов С. Экспериментальное исследование ударного взаимодействия летучек хлопка-сырца с колосником очистителя крупного сора // Хлопковая промышленность Ташкент. ТИТЛП, 1980 с 7 - 8
- 38 Будин Е.Ф. Исследование колосниково-пыльчатых рабочих органов очистителей хлопка-сырца машинного сбора с/волокистых сортов Дисс. к.т.и. Ташкент. ТИТЛП, 1968 156с
- 39 Фазылов С. Технологические параметры очистителей хлопка-сырца от крупных сорных примесей с регулируемыми колосниковыми узлами Дисс. к.т.и. Ташкент. ТИТЛП, 1985 142с
- 40 Сучков В.М. Прогноз и оптимизация технологических характеристик хлопка-сырца от крупных сорных примесей Дисс. к.т.и. Ташкент. ТИТЛП, 1987 173с
- 41 Будин Е.Ф., Бородин П.Н. Новые отбойные рабочие органы для пыльчатых очистителей хлопка-сырца // Хлопковая промышленность 1978 № 5 17с
- 42 Рахимов Э.Г. Некоторые вопросы теории и практики построения геометрии зуба пилы очистителей хлопка-сырца Дисс. к.т.и. Ташкент. ТИТЛП, 1969 117с
- 43 Будин Е.Ф., Бородин П.Н. Результаты испытаний пыльчатых барабанов с уменьшенным шагом установки пыльчатых лент // Хлопковая промышленность 1983 № 3 15с
- 44 Буриев Р.А. Разработка и оптимизация технологии обработки хлопка трудноочищаемых сортов на базе гибкого хлопкоперерабатывающего комплекса Дисс. к.т.и. Ташкент. ТИТЛП, 1991 205с
- 45 Энкрисев Э. Технологический регламент переработки хлопка-сырца Ассоциация "Узхлокопромсбыт" и РНИЦ "Хлокопром" Ташкент. Мехнат, 1997 110с
- 46 Беннетт Ч. The Cotton Gin and 0111 Mill Press №.27-1954 №9,7-1964 (Обзор работ по хлопку Департамента земледелия США)

- 47 Милохов И И и др Хлопкоочистительная промышленность США М Гизлегпром 1956
124с
- 48 Гинсбург Л Н, Хавкин В Н и др Динамика основных процессов прядения М Легкая
индустрия, 1982 370с
- 49 Борзунов И Г, Бадалов К И и др Прядение хлопка и химических волокон М Легкая
индустрия, 1982 372с
- 50 Тхипхавонгсай П, Тютин П Н, Лугачев А Е Совершенствование питателя к пильному
джину // Хлопковая промышленность 1992 № 3 с 8 - 9
- 51 Тхипхавонгсай П, Тютин П Н, Лугачев А Е Исследование изменения структуры хлопка-
сырца от кратности пропуска через барабаны питателя джина // Хлопковая промышленность
1992 № 2 с 9-10
- 52 Махкамов Р Г, Сафаев А А, Ахмедов А М Влияние очистителя мелкого сора с разно-
типными рабочими органами на очистительный эффект // Хлопковая промышленность
1987 № 6 с 10
- 53 Усманов Д А Исследование эффективности очистки хлопка-сырца от сорных приме-
сей Автореф дисс к т н Ташкент ТИТЛП, 1981 18 с
- 54 Николаи Е Л Теоретическая механика М Издфизматлит, 1958 481с
- 55 Джабаров Г Д, Будин Е Ф, Гусейнов В Н К вопросу выбора расположения ячеек сетки
очистителей хлопка-сырца от мелкого сора // Хлопковая промышленность 1972
№ 14 с 14 -15
- 56 Тютин П Н, Лугачев А Е О выделении сора через ячейки сетчатых поверхностей //
Механическая технология волокнистых материалов 1977 № 29 с 51-58
- 57 Тимошенко С П, Янг Д Х, Уивер У Колебания в инженерном деле М Машиностро-
ение, 1985 472с
- 58 Бурашев Р З, Лугачев А Е, Мирошниченко Г И Определение коэффициента динами-
ческой жесткости летучки хлопка-сырца при ударе о колосник // Хлопковая промышлен-
ность 1981 № 4 с 10-12
- 59 Лугачев А Е Исследование колосников с активной рабочей поверхностью на очистителях
крупного сора // Хлопковая промышленность 1983 № 5 с 17.
- 60 Бать М И и др Теоретическая механика в примерах и задачах М Наука, 1967 512с
- 61 Нуралиев А Н Исследование и выбор технологического процесса переработки хлопка-
сырца машинного сбора Дисс к т н Ташкент ТИТЛП, 1951 150с
- 62 Садриддинов А Научные основы машинного проектирования и совершенствования
хлопкоуборочных аппаратов Ташкент ФАН, 1986 198с

- 63 Муратов А. А. Исследование технологических процессов очистки хлопка-сырца машинного сбора Дисс к т н Ташкент ТИТЛП, 1971 125с
- 64 Лугачев А. Е. Обеспечение равномерным слоем питания в секции очистителя хлопка от крупных сорных примесей // Технология текстильной промышленности Иваново, 1988 с 15
- 65 Лугачев А. Е. Зияев У. К. Влияние предварительной подготовки хлопка-сырца в пильчатой секции очистителя на показатели процесса очистки // Хлопковая промышленность. 1986 № 1 с 10
- 66 Лугачев А. Е., Гатаев Х. А. Устройство для обеспечения равномерного питания хлопком-сырцом пильчатой секции очистителя // Хлопководство 1994, № 3-4 с 47
- 67 Лугачев А. Е., Фазылов С. Анализ процесса выделения хлопка-сырца в отходы на очистителях крупного сора // Хлопковая промышленность 1979 № 3 с 13
- 68 Уразбаев М. Т. Основы механики весомой деформируемой гибкой нити Ташкент Изд-во АН РУз, 1951
- 69 Сучков В. М., Лугачев А. Е., Тютин П. Н. Повышение технологической надежности пильчатой секции очистителя крупного сора // Хлопковая промышленность 1982 № 1 13с
- 70 Сабликов М. В. Исследование шпиндельных аппаратов хлопкоуборочных машин Дисс к т н Ташкент ТИИМИСХа, 1959 184с
- 71 Меркин И. Б. Первичная обработка хлопка (США), М БТИ легкой промышленности 1958 103с
- 72 The Cotton Gin and Ginn Mill Press (USA). 1979-81
- 73 Сапон А. Д. Исследование и разработка технологического процесса ПЮХ на основе полнопроцессной поточной линии Дисс к т н Ташкент ТИТЛП, 1978 148с
- 74 Забрамный Г. Д. Исследование и оптимизация элементов первичной переработки с/в хлопка-сырца Автореф дисс д т н Кострома КТИ, 1983 45с
- 75 Джурасев А. Динамика рабочих механизмов хлопкоперерабатывающих машин Изд ФАН РУз, Ташкент 1987 166с
- 76 Тимошенко С. П. Теория колебаний в инженерном деле М Физматгиз, 1959 396с
- 77 Лугачев А. Е. Исследование процесса взаимодействия прядки волокна с колосником в заколосниковой зоне пильного джина // Механика муамоллари 1997 № 5 с 47 - 51
- 78 Лугачев А. Е. Разработка и исследование эффективной энергосберегающей технологии съема волокна в заколосниковой зоне пильного джина // Технология текстильной промышленности Иваново, 1998 № 2 с 23
- 79 Лугачев А. Е. Разработка и исследование механизма регулирования процессом очистки в линейно-поточных очистителях хлопка-сырца от мелкого сора // Технология текстильной промышленности Иваново, 1988 № 3 с 13

- 80 Лугачев А.Е. Разработка теоретических основ питания и очистки хлопка применительно к поточной технологии его переработки. Дисс. д-т. Ташкент, ТИТЛП, 1999. 44 с.
- 81 Лугачев А.Е. О повышении эффективности некоторых параметров пыльного джина. Изв. Вузов (технич. науки). 1995. № 1-4. с. 227 - 230.
- 82 Лугачев А.Е. Новые подходы к разработке эффективных процессов питания и очистки волокнистого материала к питателям в линейно-поточной технологии хлопководства // Пахтачиллик ва дончиллик. 1996. № 4. с. 25 - 27.
- 83 Лугачев А.Е. Хаво окимли билан пахта хом-ашесини тозалаш самарадорлигини ошириш // Пахтачиллик ва дончиллик. 1997. № 3. с. 47 - 48.
- 84 <http://www.consolidatedcottongin.com/cottongin/htm>. 2000-2003.
- 85 Турсунов Х.К. Теоретические основы очистки хлопкового волокна и совершенствование рабочих органов волоконочистительных машин. Дисс. д-т. Ташкент, ТИТЛП, 1997. 345 с.
- 86 Шербаков В.П. Зависимость разрывной нагрузки волокон хлопка от зажимной длины. Ж. Известия вузов. ТПП. 1988. №2.
- 87 Кукин Г.Н. и др. Текстильное материаловедение. Ч.2. М. 1964.
- 88 Николаев С.Д. Теоретические основы определения жесткости нитей при изгибе. Ж. Известия вузов. ТПП. 1989. №2.
- 89 Жердяев Ю.Д. и др. Определение физико-механических характеристик комплексных лубяных волокон. Ж. Известия вузов. ТПП. 1989. №2.
- 90 Мигушов И.И. и др. Метод определения деформационных коэффициентов жесткости, вязкости и эластичности нити и ткани при многоцикловом растяжении. Ж. Известия вузов. ТПП. 1992. №6.
- 91 Шукуров М.М., Турсунов Х.К. Экспериментальное определение коэффициента жесткости прядки волокон при их растяжении. Ж. Известия Вузов, ТПП. 1989. № 6.
- 92 Николаев С.Д., Юхнин С.С. Определение жесткостей нити на изгиб. Сб. НИР МИГА и Гязинский текстильный институт. М. ЦНИИТЭИ Легпром, 1992.
- 93 Щербаков Б.П. Теоретические основы определения жесткости нити при изгибе. Ж. Известия Вузов, ТПП, 1987. № 4.
- 94 Холматов М.Х. применение физических методов исследований при оценке качества хлопка-сырца и волокна средневолокнистых хлопчатников. Автореферат дис. докт. наук. Каунас. 1978.
- 95 Светлицкий В.А. Механика гибких стержней и нитей. М. 1978.
- 96 Алимова Х.А., Эргашов М. Моделирование динамики процесса перерезания ленты шелкового волокна. Ж. Проблемы механики. 1994. № 5.
- 97 Эргашов М., Шукуров М.М., К исследованию оптимальных параметров

хлопкоочистительных машин Ж Известия вузов ТТП, 1990 №1

98 Махкамов Р Г, Бурашев Р З Исследование контактных давлений при взаимодействии хлопкового волокна с переходными поверхностями рабочих органов машин Инф Сообщение АН РУз №154 Ташкент 1976

99 Болдинский Г И, Максудов И Т Работа отбойных устройств, применяемых на джине для повышения степени очистки волокна от сорных примесей Ж Хлопковая промышленность 1972 №1

100 Таджикиев Р Н Повышение эффективности очистки волокна и использованием колосников из композиционных материалов Автореф дис канд техн наук Ташкент, 1993

101 Каримов Х А Исследование технологий переработки хлопка в сильных электрических полях Автореф дис докт техн наук М, 1971

102 Рахимова Р У Исследование параметров джинных пил с целью повышения качества и эффективности джинирования хлопка Автореф дис канд техн наук Ташкент, 1983

103 Узаков А Э и др Определение параметров очистителя волокна колково-барабанного типа Ж Хлопковая промышленность 1978 №1 С 15-16

104 Насыров Р Н Повышение эффективности работы пыльного джина и волокноочистителя с применением полиамидных покрытий на рабочих поверхностях деталей Автореф

105 Крыгин А И Исследование прямоточного принципа очистки волокна на хлопкоочистительных заводах Автореф дис канд техн наук Ташкент, 1966

106 Савиновский В И Динамическое исследование и методы расчета пыльных барабанов трепальных машин Автореф дис канд техн наук Кострома, 1971

107 Балясов П Д Сжатие текстильных волокон в массе и технология текстильного производства М, 1975

108 Фабрикант Н Я Аэродинамика М 1964

109 Алексеев Н И Статика и установившееся движение нити М 1970