

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А.с.1187848 СССР, МКИ⁴ Д 21 F 11/14. Способ получения фильтровального материала / А.В. Канарский, А.В. Ребков, С.А. Жуковская и др. (СССР). - № 3774936; Заявлено 04.05.84; Оpubл. 30.10.85, Бюл. № 40 // Открытия. Изобретения. - 1978. - № 40. - С.70. [2]. А.с. 1629364 СССР, МКИ⁴ Д 21 Н 27/08. Способ получения фильтровального материала для очистки биологических жидкостей / А.В. Канарский, Н.В. Платицына, А.И. Крашенюк и др. (СССР). - № 4611966/12(22); Заявлено 02.12.88; Оpubл. 23.02.91, Бюл. № 7 // Открытия. Изобретения. - 1991. - № 7. - С. 73. [3]. Канарский А.В., Белик И.А., Платицына Н.В. Влияние полипропиленовых волокон на свойства фильтровальных видов бумаги и картона // Бум. пром-сть. - 1991. - № 5. - С. 8. [4]. Канарский А.В., Платицына Н.В. Влияние процесса пергаментирования на свойства фильтровального картона // Химия и технология бумаги: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: ЛТА, 1986. - С. 57 - 63. [5]. Канарский А.В. Фильтровальные виды бумаги и картона (для промышленных технологических процессов). - М.: Экология, 1991. - 272 с. [6]. Плаченнов Т.Г. Ртутная порометрическая установка П-3. - М.; Л., 1961. - 24 с. [7]. Технология упаковочной бумаги / А.Е. Трухтенкова, А.В. Килипенко, И.А. Пархоменко-Черняева и др. - М.: Лесн. пром-сть, 1974. - С.100 - 122.

Поступила 6 мая 1996 г.

УДК 676.1.022.84

Г.Ф. ПРОКШИН, А.Г. СТУКОВА

Архангельский государственный технический университет

Прокшин Геннадий Федорович родился в 1931 г., окончил в 1955 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук. Имеет более 180 научных трудов в области теоретических основ совершенствования производства целлюлозы с минимальной сорностью из щепы и опилок различного породного и фракционного состава



О МЕХАНИЗМЕ ОЧИСТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-ВОЛОКНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СОРТИРОВКАХ*

Проведен анализ эффективности очистки целлюлозно-волоконистой суспензии в центробежных сортировках с использованием математической модели топокинетического уравнения Колмогорова – Ерофеева.

The efficiency analysis of the cellulose-fibrous suspension purification in centrifugal sorters using a mathematical model of the Kolmogorov–Erofeev's topokinetic equation has been given.

Центробежные сортировки применяют в ЦБП как основные машины для высокоэффективной очистки целлюлозы от посторонних включений. Для изучения механизма удаления соринок пользуются ситами с различной конфигурацией отверстий. Наибольшее распространение получили сита с круглыми отверстиями.

В общем виде механизм очистки целлюлозы можно представить как задержку проникновения соринок в отверстия сита из-за несовпадения их размеров и других помех, вызываемых многочисленными причинами, которые обусловлены гидродинамикой потоков, концентрацией волокнистой суспензии, свойствами целлюлозного волокна и соринок. При прохождении суспензии через сито на нем образуется так называемый фильтрующий слой волокна.

Эффективность очистки целлюлозы от сора обычно оценивают по количеству удаленного сора, выражаемому в процентах от исходного количества.

Математическая теория удаления соринок разработана исследованиями Дж. Кубата, Б. Стинберга [3] и А. Тирадо [5] и частично подтверждена экспериментально. Эти авторы рассматривали процесс сортирования как фракционирование волокон на сите, который описывается математическими уравнениями, основанными на вероятности прохождения волокон через сито.

Время, как фактор процесса сортирования на сите, использовали в математической модели процесса очистки целлюлозы от сора И.Д. Кугушев и К.А. Смирнов [4]. Они ввели понятие «вероятность проникновения сора сквозь перегородку сита за время, определяемое частотой пульсации потока, вызываемой лопастями ротора сортировки». Авторы показали, что скорость проникновения сора сквозь сито можно описать уравнением Фика в дифференциальной форме.

*В порядке дискуссии.

Рассматривая очистку целлюлозы от мелких соринок в сортировке как диффузионный процесс, мы использовали кинетическое уравнение Колмогорова – Ерофеева (где K – коэффициент):

$$\alpha = 1 - \exp(-Kt^n). \quad (1)$$

В этом уравнении применительно к нашему случаю α характеризует эффективность удаления сора и подсчитывается как

$$\alpha = (N_0 - N)/N_0, \quad (2)$$

где N_0 и N – число соринок в исходной и отсортированной массе.

Для практического применения уравнение (1) целесообразно использовать в логарифмической форме:

$$\lg[-\lg(1-\alpha)] = \lg K + n \lg t. \quad (3)$$

Коэффициент n отражает торможение проникновения соринки сквозь сито, т.е. затруднения, аналогичные диффузионным затруднениям, возникающим при топокхимических реакциях.

Величина t отражает продолжительность сортирования в секундах. Для нашего случая

$$t = l/v, \quad (3)$$

где l – длина цилиндрической части сита, м;

v – скорость движения массы вдоль сита, м/с.

Скорость движения массы вдоль сита находим из уравнения расхода массы при $t = 60$ с:

$$Q = 60 Fv. \quad (4)$$

Отсюда

$$v = Q/(60 F),$$

где F – площадь поверхности сита, м², $F = \pi D l$;

D – диаметр сита, м.

Процесс сортирования небеленой сульфитной целлюлозы изучали на двух установках: малой лабораторной экспериментальной сортировке СЦЛ-01 (диаметр сита 300 мм, длина цилиндрической части сита 180 мм, диаметр отверстий 1,6 мм) и промышленной сортировке СЦ-08 [1] (диаметр сита 1030 мм, длина цилиндрической части сита 1070 мм, диаметр отверстий 1,6 мм) [2].

Сортированию подвергали небеленую сульфитную целлюлозу из еловой древесины. Сорность ее как в лабораторном, так и в промышленном эксперименте варьировали от 1000 до 7000 соринок на 1 м² отливки массой 500 г.

В табл. 1 представлены экспериментальные значения α и t на лабораторной сортировке и соответствующие им расчетные значения коэффициентов K и n в уравнении Колмогорова – Ерофеева; аналогичные данные для промышленной сортировки приведены в табл. 2.

Таблица 1
Кинетические параметры процесса сортирования
целлюлозно-волокнистой суспензии на сортировке СЦЛ-01

Рассчитанное время прохождения суспен- зии вдоль сита, с	α	$\lg t$	$\lg(-\lg(1-\alpha))$
3,8	0,8360	0,5798	-0,1050
4,2	0,8370	0,6232	-0,1036
4,6	0,8420	0,6628	-0,6628
5,1	0,8440	0,7076	-0,0932
5,7	0,8460	0,7559	-0,0902
6,1	0,8470	0,7853	-0,0887
6,6	0,8500	0,8195	-0,0841
7,7	0,8520	0,8865	-0,0811
9,2	0,8540	0,9638	-0,0780
11,5	0,8580	1,0607	-0,0718
15,3	0,8600	1,1847	-0,0686

Примечание. $K=0,73$; $\lg K=-0,1383$; $n=0,062$.

Таблица 2
Кинетические параметры процесса сортирования целлюлозно-волокнистой
суспензии на сортировке СЦ-08 ($C=1,00\%$, $Q_b=0,14\text{ м}^3/\text{с}$)

Рассчитанное время прохождения суспен- зии вдоль сита, с	α	$\lg t$	$\lg(-\lg(1-\alpha))$	K	$\lg K$	n
18	0,8270	1,2577	-0,1181	48,00	1,6857	-1,435
19	0,7940	1,2878	-0,1636	48,00	1,6857	-1,435
21	0,7600	1,3201	-0,2078	48,00	1,6857	-1,435
23	0,7400	1,3560	-0,2328	4,00	0,6072	-0,620
25	0,7200	1,3927	-0,2574	4,00	0,6072	-0,620
27	0,7000	1,4346	-0,2816	4,00	0,6072	-0,620

Примечание. C – концентрация поступающей массы; Q_b – расход воды на spryski.

На основе экспериментальных данных построены зависимости эффективности очистки целлюлозы от общей сорности и коры в зависимости от времени на лабораторной (рис. 1) и промышленной (рис. 2) установках.

Сопоставление кривых снижения эффективности общей сорности (кривая 2) и удаления коры (кривая 1), представленных на рис. 1, а, показывает, что процесс удаления сора завершается при прохождении массы через первую часть сита или в начальный момент поступления ее на сито. В последующей фазе, т.е. при дальнейшем пребывании массы на сите, имеет место незначительный прирост эффективности. Как можно судить по малому наклону кривых в логарифмических координатах (рис. 1, б), на этом участке повышение эффективности

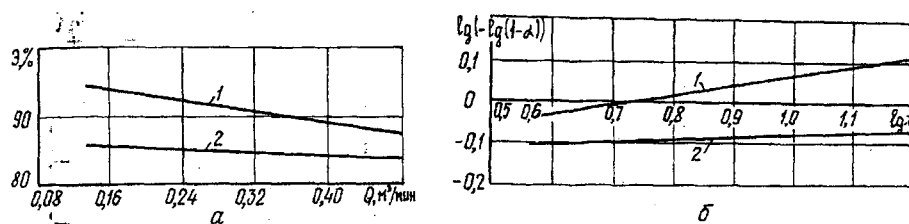


Рис. 1. Эффективность (Э) удаления сора (1) и снижения общей сорности (2) при изменении производительности Q и рассчитанного времени t прохождения целлюлозно-волоконистой суспензии вдоль сита сортировки СЦЛ-01 в натуральных (отсчет времени в секундах произведен справа налево) (а) и логарифмических (б) координатах

сортирования может быть связано с процессом, аналогичным диффузии через проницаемую перегородку, тогда как в момент поступления высокая эффективность очистки достигается тем, что в основном сор задерживается на сите как на непроницаемой перегородке.

Эти результаты получены на малой лабораторной сортировке, длина сита которой всего 180 мм, но и в этом случае процесс удаления сора четко разделяется на две фазы: сначала – эффективная задержка сора на сите, затем – медленный процесс диффузного проникновения соринок через сито, по-видимому, в результате их измельчения.

Промышленный образец сортировки имеет значительно большие размеры сита и надежное регулирование процесса по концентрации и количеству отходов. В сортировке по ходу массы примерно на расстоянии, равном 1/4 длины сита, установлена перегородка. Подача sprысковой воды регулируемая.

На кривых 1 и 4 (рис. 2, а) отмечено некоторое влияние увеличения расхода sprысковой воды при концентрации массы 1,00 % на повышение эффективности сортирования. При концентрации 0,68 % уменьшение расхода sprысковой воды снижает эффективность очистки при увеличении производительности.

Вывод о применимости уравнения Колмогорова – Ерофеева к процессу сортирования целлюлозной суспензии подтверждается линейным характером кривых, приведенных на рис. 1, б и 2, б.

Кинетические кривые (рис. 2) показывают, что в первой зоне сортирования (до перегородки) и на остальной части сита (после перегородки) механизмы отделения сора различны. Коэффициент n кинетического уравнения для заключительного этапа прохождения массы вдоль сита также меньше, чем для начального, что свидетельствует о влиянии увеличения расхода sprысковой воды на снижение этого показателя и торможения диффузии вследствие разбавления фильтрующего слоя. Изломы на логарифмических кривых отражают влияние установленной в сортировке перегородки на изменение механизма отделения сора до и после нее.

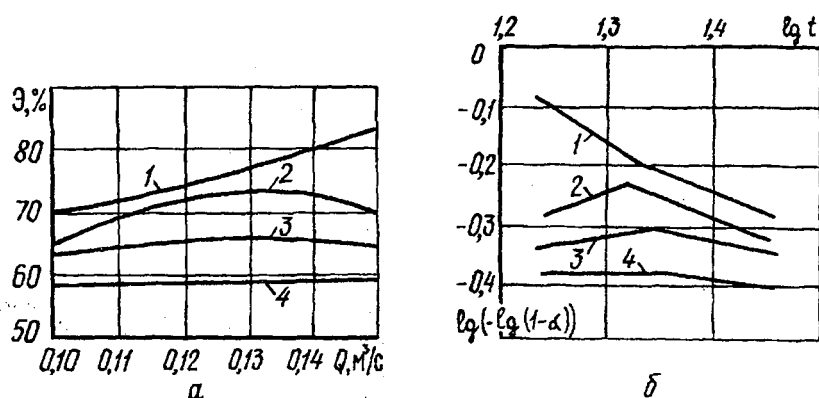


Рис. 2. Эффективность снижения сорности при изменении производительности и рассчитанного времени прохождения целлюлозно-волокнистой суспензии вдоль сита сортировки СЦ-08 в натуральных (а) и логарифмических (б) координатах при концентрации массы 1,00 (1, 4) и 0,68 % (2, 3) и расходе sprысковой воды 0,14 (1, 3) и 0,10 м³/с (2, 4)

Таким образом, использование топокинетического уравнения Колмогорова – Ерофеева дает дополнительную информацию о механизме процесса. Новый подход, исключая применение сложных дифференциальных уравнений, позволяет связать эффективность сортирования с производительностью сортировки и учитывать эту связь при проектировании оборудования и оптимизации технологических режимов, схем сортирования.

Кинетический анализ работы двух сортировок с разными размерами показал, что в лабораторной сортировке осуществляется лишь начальный (до излома кривых) момент процесса, протекающего в промышленной сортировке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Исследование работы центробежной сортировки СЦ-08 при сортировании небеленой сульфитной целлюлозы в производственном потоке / В.В. Шорохов, Г.Ф. Прокшин и др. // Бум. пром-сть. - 1984. - № 9. - С. 23 - 24. [2]. Исследование факторов, влияющих на качество сортирования в центробежной сортировке / Г.Ф. Прокшин, А.Ф. Васин, М.Д. Иншаков, Л.Н. Лаптев // Производство волокнистых полуфабрикатов: Сб. науч. тр. ВНИИБа, ВНПОбумпрома. - Л., 1984. - С. 77 - 83. [3]. Кубат Дж., Стинберг Б. Сортирование с низкой концентрацией (Теория сортирования, ч. III) // Svensk Papperstidning. - 1955. - Т. 58, № 9. - С. 319 - 324. [4]. Кугушев И.Д., Смирнов К.А. Сортирование бумажной массы. - М.: Лесн. пром-сть, 1971. - 200 с. [5]. Тирадо А. Теория сортирования // TAPPI. - 1958. - Т. 45, № 5. - С. 237a - 245a.

Поступила 29 апреля 1996 г.