

Ц Б К

Pulp

целлюлоза

Paper

умага

Board

артон

05 [2014]

- По мнению маркетологов.
- Рассказывают корреспонденты "ЦБК":
Светогорск; Семобратово; Пермь;
Кондопога; Вологодская область...
- Обзор Рынка: санитарно-гигиенические
изделия.
- Статистика: итоги I квартала.
- Дискуссионный клуб: дела целлюлозные...
- Новые разработки отечественных специалистов:
СПб ГПУ РИ; СПбГУ; ЕЛИ; СПб ГЛТУ;
ООО "Технобум-2".
- Предлагают зарубежные поставщики:
BASF; Andritz; PAPCell; Metsä; PMP Group.
- В Институте "Крона"...
- Писная страница истории.

УДК 672.038.2

Аналитические зависимости для оценки эффективности сортирования

Ю. А. Тихонов, В. С. Куров,
СПб ГТУ РП

В связи с сильной загрязненностью макулатурной массы возрастают трудности ее сортирования. Особенно трудно отсортировать фракцию легкодеформируемых клейких частиц-стиков (stickies), которые, деформируясь и разрушаясь проходят через узкие щели сит и конгломерируясь приводят к дефектам бумажного полотна и одежды машин. Стремление максимально удалить стики определило появление многочисленных модификаций сит и роторов сортировок. Для анализа и сравнения работы различных типов сортировок, часто проводимых на основании неполных, отрывочных экспериментальных данных и прогнозирования новых конструкций, важны простые аналитические оценки, связывающие распределение концентрации волокон и включений на ситовом барабане с процентом отходов и эффективностью сортирования.

В предыдущей работе [1] были приведены теоретические предпосылки, на основе которых предложены следующие безразмерные аналитические зависимости, поясняющиеся рис. 1.

$$\frac{C}{C_F} = \left[1 - \left(1 - RR \frac{1}{k_m} \right) \frac{y}{h} \right]^{k_m^{-1}}, (1)$$

$$\frac{C}{C_{Fi}} = \left[1 - \left(1 - RR \frac{1}{k_m} \right) \frac{y}{h} \right]^{\frac{k_i}{\sqrt{RR}} - 1}, (2)$$

$$\frac{C_a}{C_{Ai}} = \frac{1 - RR \frac{1}{k_m}}{1 - RR} \cdot k_m \left[1 - \left(1 - RR \frac{1}{k_m} \right) \frac{y}{h} \right]^{k_m^{-1}}, (3)$$

$$\frac{C_{ai}}{C_{Ai}} = \frac{k_i}{\sqrt{RR}} \frac{1 - RR \frac{1}{k_m}}{1 - RR \frac{1}{k_m} \sqrt{RR}} \left[1 - \left(1 - RR \frac{1}{k_m} \right) \frac{y}{h} \right], (4)$$

$EC = RR \frac{R_s}{\sqrt{RR}}$ – эффективность сортирования. (5)

В формулах: $RR = \frac{Q_R}{Q_F} \cdot \frac{C_R}{C_F}$ – коэффициент реджекта (процент отходов); $k_s = \frac{k_i}{k_m}$ – коэффициент эффективности сортирования; i – индекс обозначения фракций включений, например, $i=0$ – все включения, i – ст – фракция стиков.

C_F, C_{FO}, C_{FCT} – соответственно, концентрации волокна, общих включений и фракций стиков на входе в сортировку,

C_A, C_{AO}, C_{ACT} – тоже в акцепте,

C_R, C_{RO}, C_{RCT} – в реджекте.

C, CO, C_{CT} – соответственно, локальные (на координате y) концентрации волокна, общих включений и стиков на внутренней и

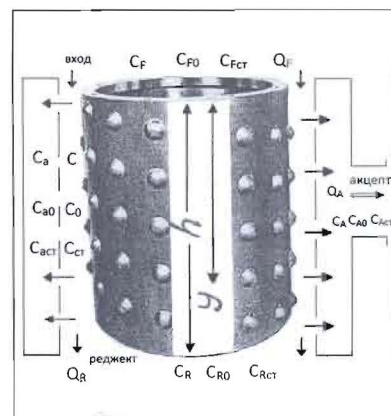


Рис. 1. Параметры массы в сортировке

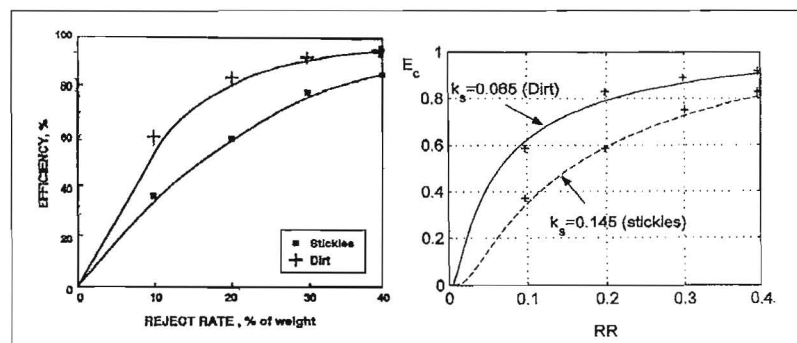


Рис. 2. Сравнение промышленных зависимостей (слева) эффективности сортирования общих включений (Dirt) и фракций стиков (stickies) согласно [2] с теоретическими (справа) на основании формулы (5)

C_z, C_{a0}, C_{act} – на внешней поверхности ситового барабана.

Формулы (1) и (2) показывают распределение средней концентрации волокна и включений в аксиальном направлении ситового барабана на внутренней (между ротором и ситом) его поверхности, а формулы (3) и (4) – на внешней, непосредственно за ситом. Формула (5) определяет основную технологическую характеристику сортировки: зависимость эффективности сортирования от коэффициента реджекта. В формулы входят два экспериментальных коэффициента: по волокну (k_m) и по фракции

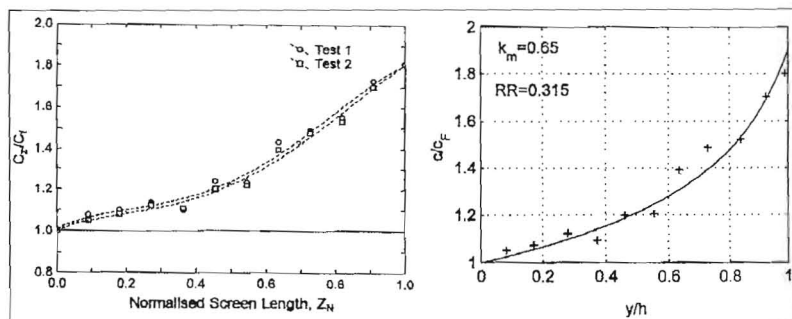


Рис. 3. Сравнение экспериментальной картины [3] аксиального распределения средней концентрации волокна на внутренней поверхности ситового барабана (слева) с теоретической (справа) согласно формулы (1)

включений (k_i). Рис. 2 и 3 показывают удовлетворительное соответствие экспериментальных данных с предложенными формулами.

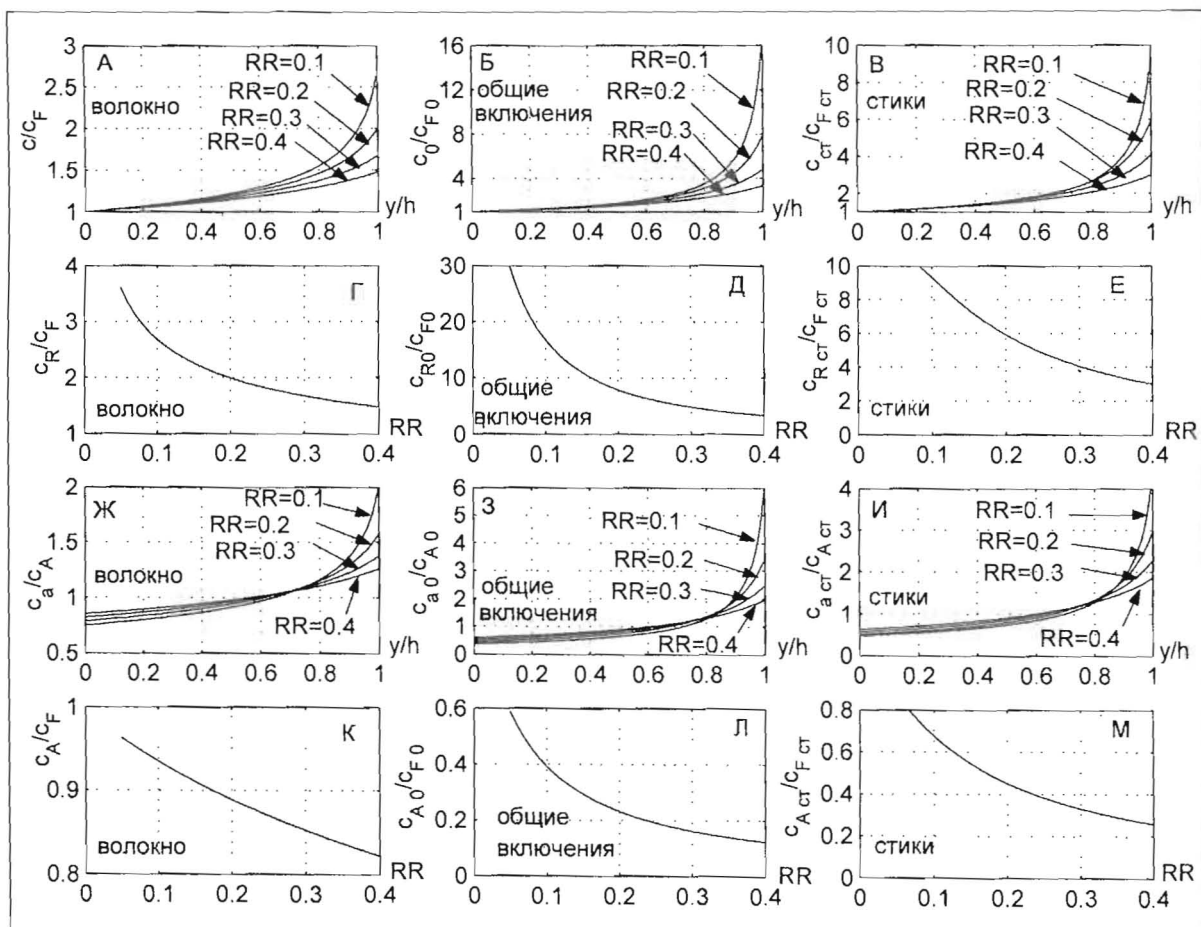


Рис. 4. Графики формул (14) при экспериментальных коэффициентах для общих включений и для стиков в соответствии с данными на рис. 2, и согласно рис. 3

Графики формул (1-4) представлены на **рис. 4**. Графики А-Е иллюстрируют нарастающую степень сгущения волокна и включений между ситом и ротором по мере продвижения массы вдоль оси ситового барабана при различных коэффициентах сброса отходов. Графики Ж-И показывают аксиальную неравномерность прохода волокон и включений через ситовой барабан, увеличивающуюся с уменьшением доли сброса отходов, что приводит, согласно графикам Л-М к повышению загрязненности включениями отсортированной массы (акцепта), то есть к снижению эффективности сортирования, что согласуется с **рис. 2**. Изменения коэффициентов K_m и K_i в формулах (1-5) показывают перераспределению волокна и включений по высоте ситового барабана. Например, **рис. 5** показывает, что увеличение экспериментального коэффициента K_m соответствует выравниванию концентрации волокна по высоте ситового барабана с внутренней и внешней его сторон.

Ротор сортировки должен диспергировать массу на волокна, чтобы обеспечить их проход через щели сита и создать надлежащие отсасывающие импульсы давления, очищающие сито и обеспечивающие обратную фильтрацию воды предотвращающую чрезмерное сильное сгущение реджекта.

При низкой входной концентрации (машинные сортировки) сгущение реджекта малозначительно, но при высокой (первичные сортировки) сильное сгущение становится критичным и приводит к неустойчивой работе. На **рис. 6** [4] приведены осциллограммы пульсаций давления на ситовом барабане, снабженном двумя полярными по воздействию на массу роторами: ступенчатым для массы высокой концентрации и фойл-ротором для низкой. **Рис. 6** показывает, что ступенчатый ротор создает мощный отсасывающий импульс в 2,5 раза больше, чем фойл-ротор, что

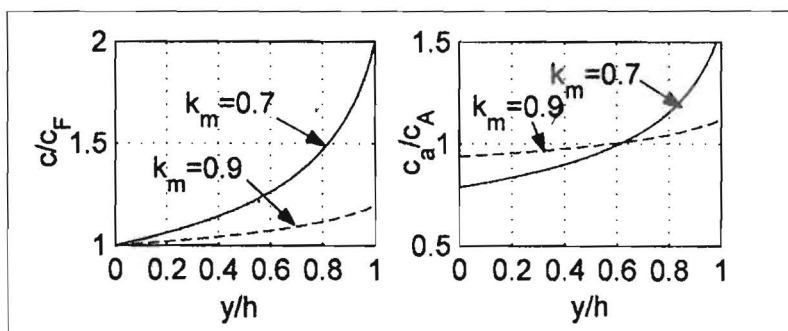


Рис. 5. Связь коэффициента K_m с аксиальным перераспределением концентрации волокон на внутренней (слева) и внешней (справа) поверхности ситового барабана при $RR=0,2$

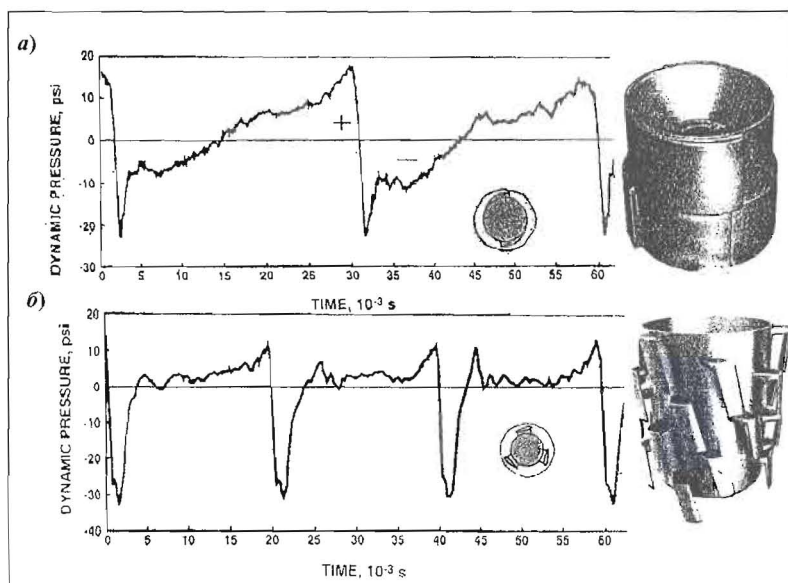


Рис. 6. Осциллограммы пульсаций давления на ситовом барабане, снабженном ступенчатым и фойл-ротором. (psi = 6,9 кПа): а) ступенчатый ротор; б) фойл-ротор; импульс $I \sim \int P \cdot dt$; + - лобовой импульс; - - отсасывающий импульс

позволяет избежать сильного сгущения реджекта. Однако, и лобовой положительный импульс, вдавливающий стики в щели сита у ступенчатого ротора гораздо больше, чем у фойл-ротора, что приводит к более низкой эффективности сортирования.

Тенденция снижения мощных лобовых импульсов ступенчатого ротора при приемлемом уменьшении от-

сасывающих воплотилась в роторах на **рис. 7** в результате дробления большой ступени ступенчатого ротора на малые и установке их на поверхности цилиндра аналогично фойл-ротору на **рис. 6**.

Другой путь аксиального выравнивания концентрации представлен на **рис. 8**, в котором вода подается в кольцевой зазор между

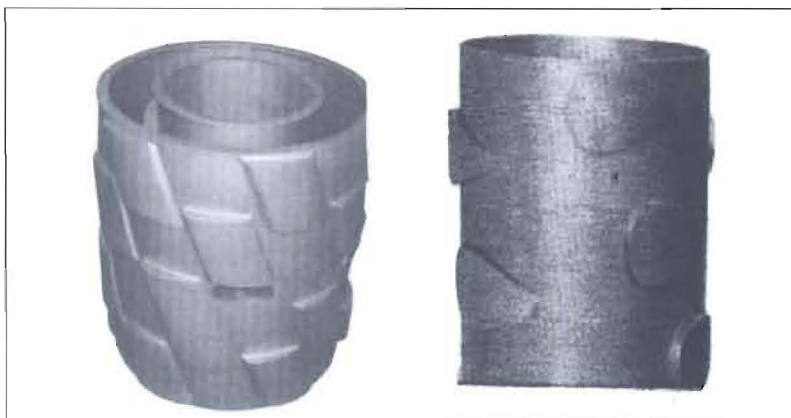


Рис. 7. Роторы, представляемые фирмами AFT и ANDRITZ

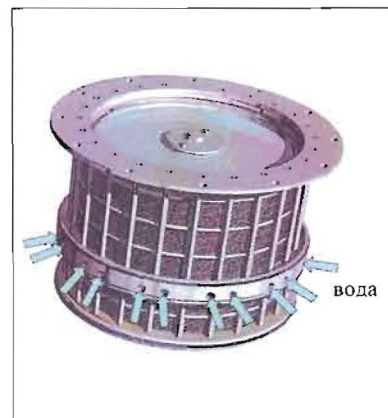


Рис. 8. Ситовой барабан для промежуточного разбавления реджекта фирмы KADANT

ротором и ситовым барабаном в нижней его части.

Новая конструкция сортировки с полым ротором (ПР-сортировка) предлагается на **рис. 9**, в которой наряду с аксиальным выравниваем концентрации снижается лобовой импульс и повышается степень дисперсности массы за счет дополнительной ее турбулизации.

Масса в ПР-сортировке через входной патрубок поступает в полость ротора и распределяется по разгонным трубкам, где ускоряется и вытекает из ротора в виде струи. Струи наталкиваются на тыльные стороны лопастей, растекаясь по ним вследствие ориентации патрубков преимущественно в направлении лобовой части лопастей, образуя бегущей впереди них интенсивный турбулентный поток, диспергирующий массу на волокна и одновременно снижающий негативный лобовой импульс давления. Обратная вода через перфорацию в разбавительной трубе поступает в нижний конец полости ротора и, смешиваясь с массой, при соударении струи с лопастями устраняет вышеописанный негативный эффект сгущения массы на нижнем конце ситового барабана.

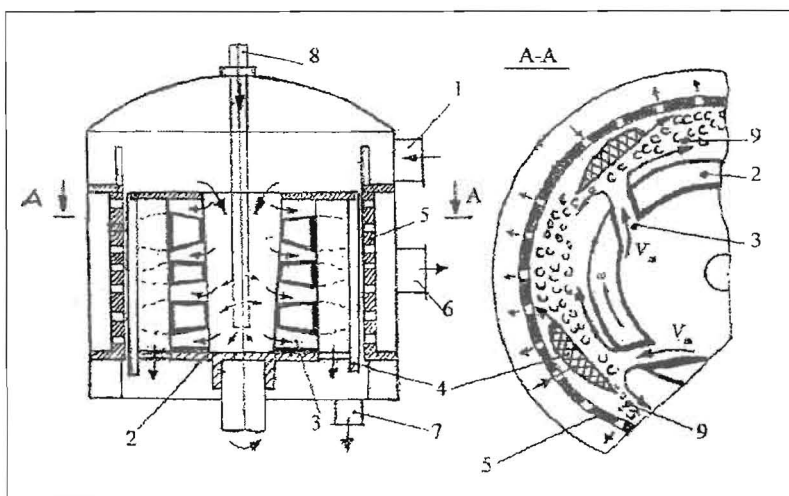


Рис. 9. Схема ПР-сортировки:

1 – входной патрубок; 2 – полый ротор; 3 – разгонные патрубки; 4 – лопасти; 5 – ситовой барабан; 6 – выходной патрубок; 7 – патрубок реджекта; 8 – перфорированная на конце разбавительная труба; 9 – отраженные от лопастей турбулентные струи

Список литературы

1. Тихонов Ю. А., Куров В. С., Осипов П. В. Модели эффективности сортирования // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2011. № 2. – С. 48-50.

2. Heise O. Screening foreign material and stickies. // TAPPI. – 1992. – February. – P. 78-81.

3. Atkins M. Axial variations and entry effects in a pressure screen. // Thesis The Department of Engineering. University of Waikato. – 2007.

4. Yu C., Crossley B. Fundamental Study of Screening Hydraulics. Part 3. // TAPPI. – 1994. – Vol. 77. № 9. – P. 125-131.