

результатам поэтапного моделирования процесса в лабораторных условиях. Наличие в этих уравнениях эффектов взаимодействия технологических факторов, а также сложность их связей с критерием (3) привели к тому, что в качестве численной процедуры решения задачи использовали метод прямого поиска Хука — Дживса [5]. Вследствие равнозначности величин z_j в определении марки, значения t_j для $j \in \bar{1}; K+1$ принимали равными единице.

Анализ полученных результатов показал, что за счет только оптимизации режима прессования и сушки картона (при $s_0 = 20,5 - 23,5 \%$, $v = 250 - 350$ м/мин и выбранном виде температурного графика) не удается избежать потерь прочностных показателей, что возможно лишь в отношении излома при установке дополнительного пресового захвата. Однако установка 4-го захвата при уменьшении потерь в отношении сопротивлений продавливанию и излому, а также снижении нагрузки на сушильную часть (см. данные таблицы) приводит к увеличению (на 4—5 %) потерь разрушающего усилия при сжатии кольца.

В заключение отметим, что комплексный подход к рациональному распределению нагрузки между различными частями машины, ориентированный на получение требуемого качества готовой продукции, позволит выявить резервы в отношении производительности картоноделательных машин.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ахназарова С. С., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии.— М.: Высш. школа, 1978, с. 210. [2]. Гилл Ф., Мюррей У. Численные методы условной оптимизации.— М.: Мир, 1977, с. 203—217. [3]. Жучков П. А. Тепловые процессы в целлюлозно-бумажном производстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 408 с. [4]. Новиков Н. Е. Прессование бумажного полотна.— М.: Лесн. пром-сть, 1972.— 240 с. [5]. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование.— М.: Мир, 1975, с. 157—345. [6]. Harrington E. C. The desirability function.— Industry Quality Control, 1965, v. 21, N 10, p. 494.

УДК 676.15+676.16.024.4

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ПРОЦЕССА СОРТИРОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОРТИРОВОК БУМАЖНОЙ МАССЫ

С. Ю. ТРЕТЬЯКОВ, В. Н. ГОНЧАРОВ, И. Д. КУГУШЕВ

Ленинградский технологический институт ЦБП

К настоящему времени создано большое количество разнообразных сортировок для бумажных масс. По результатам проведенных исследований [2] физическая модель процесса сортирования представляется следующим образом. Поток волокнистой суспензии напускают под давлением на сортирующее сито. Со временем пропускная способность сита уменьшается вследствие зависания волокон на краях отверстий, что приводит к уменьшению живого сечения сита. При обратном токе жидкости за счет создания кратковременного разрежения над отверстиями, например, с помощью лопастей, происходит восстановление первоначальной пропускной способности отверстий. Далее процесс повторяется.

Из приведенной схемы видно, что необходимые факторы процесса сортирования — перепад давления через сито и периодическая очистка отверстий от задержанных волокнистых и инородных включений, обеспечивающая непрерывность работы сортировок.

Исходя из этих основных положений, сделаем попытку аналитического описания количественной стороны процесса сортирования.

В первом приближении можно считать, что изменение живого сечения сита ΔF за достаточно малый промежуток времени Δt пропорционально объемному расходу q сортируемой суспензии. В дифференциальной форме имеем:

$$\frac{dF}{dt} = -\alpha q, \quad (1)$$

где α — коэффициент пропорциональности, зависящий от перепада давления через сито, частоты пульсаций и других факторов.

Знак минус в уравнении (1) показывает отрицательное приращение площади живого сечения при положительном приращении времени, что соответствует приведенной выше схеме процесса сортирования.

Площадь живого сечения F и расход q определяем из выражений

$$F = F_{06} k; \quad (2)$$

$$q = F_{06} v_{\text{пр}} \quad (3)$$

Здесь k — коэффициент перфорации сита;
 F_{06} — общая поверхность сита;
 $v_{\text{пр}}$ — скорость притока.

Из работ [2, 3] известны выражения для скорости притока $v_{\text{пр}}$ сортирующих сит с круглой и щелевой перфорацией, определенные для случая течения воды:

$$v_{\text{пр}} = ka, \quad (4)$$

где a — коэффициент, зависящий от перепада напора через сито.

Закономерно предположить, что данная зависимость сохраняется и в случае протекания через сито волокнистой суспензии с высокой степенью диспергированности.

Подставляя выражения (2)—(4) в уравнение (1), после преобразований получим:

$$\frac{dk}{k} = -aat. \quad (5)$$

Решение данного уравнения

$$k = k_0 e^{-aat}. \quad (6)$$

Здесь k_0 — коэффициент перфорации сита в начальный момент времени $t = 0$.
 Тогда расход суспензии

$$q = F_{06} v_{\text{пр}} = F_{06} ka = F_{06} k_0 a e^{-aat}. \quad (7)$$

Интегрируя уравнение (7) по t , найдем количество суспензии, прошедшей через сито за промежуток времени $\delta t = t_2 - t_1$:

$$Q' = \frac{F_{06} k_0}{a} e^{-aat_1} (1 - e^{-aa\delta t}). \quad (8)$$

Подставив в выражение (8) $\delta t = \frac{1}{N}$ — промежуток времени между двумя пульсациями давления (где N — частота пульсаций), а затем умножая полученную величину Q' на N и концентрацию сортируемой суспензии c , получим массовый расход волокна через сито сортировки:

$$Q = \frac{F_{06} k_0}{a} Nc e^{-aat_1} \left(1 - e^{-\frac{aa}{N}}\right). \quad (9)$$

Используя формулу (9), проанализируем влияние основных указанных выше факторов процесса сортирования — перепада давления через сито и частоты пульсаций — на производительность сортировок.

Закономерно предположить, что, как следует из уравнения (1), с увеличением перепада давления H возрастает и абсолютная величина $\frac{dF}{dt}$, характеризующая скорость зарастания отверстий. Тогда коэффициент a будет иметь такую же зависимость от H

$$a = \beta H^m. \quad (10)$$

Как было указано выше, коэффициент a также зависит от перепада напора

$$a = \gamma H^s. \quad (11)$$

В свою очередь, перепад напора H зависит от конструктивного исполнения сортирующей машины. Например, в вибрационных сортировках он создается за счет разности уровней волокнистой суспензии на входе и выходе. В лопастных сортировках (центробежных и с гидродинамическими лопастями) на величину H накладывается эффект повышения или понижения перепада давления через сито от центробежных сил, появляющихся во вращающемся кольце сортируемой суспензии в околоситовой зоне от вращения рабочего органа, а следовательно, и от частоты пульсаций давления. В этом случае

$$H = H' + \varphi N', \quad (12)$$

где H' — перепад напора, создаваемый внешним путем независимо от скорости вращения рабочего органа.

На рис. 1 в качестве примера приведены рассчитанные по уравнению (9), с учетом выражений (10)—(12), графики изменения производительности сита площадью

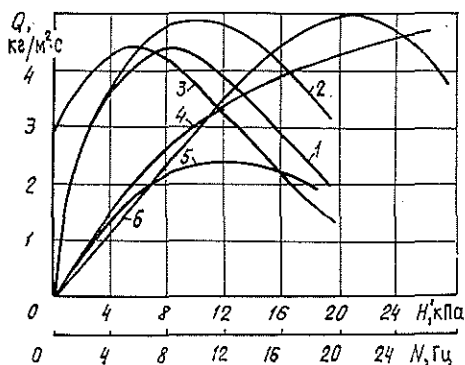


Рис. 1 Влияние перепада давления (1, 2, 3) и частоты пульсаций (4, 5, 6) на удельную производительность сортирующих сит (расчет по формуле (9)).

1 — $\varphi = 0$, $N = 10$ Гц; 2 — $\varphi = 0$, $N = 20$ Гц;
3 — $\varphi = 0,0025$; $N = 10$ Гц; 4 — $H' = 15$ кПа,
 $\varphi = 0$; 5 — $H' = 15$ кПа, $\varphi = 0,0025$; 6 —
 $H' = 0$, $\varphi = 0,0025$.

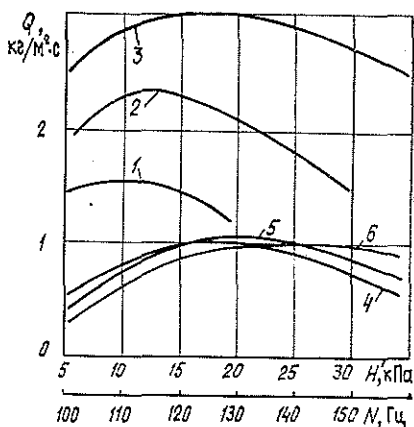


Рис. 2. Производительность сортировок в зависимости от перепада давления и частоты пульсаций (по [1, 4]).

1, 2, 3 — селективфайер при сортировании древесной массы концентрацией 0,9 % через сито с диаметром отверстий 2,4 мм и коэффициентом перфорации 0,3 при частоте пульсаций N , Гц: 1 — 10, 2 — 11,7, 3 — 13,3; 4, 5, 6 — центробежная сортировка при сортировании сульфатной небеленой целлюлозы через сито с отверстиями диаметром 2,2 мм и концентрации сортируемой массы, %: 4 — 1,1; 5 — 1,3; 6 — 1,5.

$F_{об} = 1$ м² с коэффициентом перфорации $k_0 = 0,2$ при сортировании волокнистой суспензии концентрацией $c = 10$ кг/м³ в зависимости от анализируемых факторов при следующих коэффициентах, оцениваемых близкими к действительным: $\beta = 2$; $r = 2$; $m = 2$; $\gamma = 3$; $s = 0,5$; $t_1 = 0,01$ с.

Характерная особенность графиков (рис. 1) — наличие максимума производительности при определенном перепаде давления и частоте пульсаций. Кривая 4 соответствует частному случаю, когда коэффициент $\varphi = 0$, т. е. частота пульсаций не влияет на перепад давления H' , как было указано выше. Здесь максимум производительности достигается при бесконечно большом N . При $\varphi \neq 0$, как показывает кривая 3, процесс прохождения суспензии через сито может происходить при перепаде давления $H' = 0$; этот случай в наибольшей степени характерен для центробежных сортировок.

Графики производительности сортировки с гидродинамическими лопастями (селективфайер) и центробежной сортировки СЦ-0, 4-01, полученные по результатам работ [1, 4], представлены на рис. 2. Анализ графиков показывает, что характер их изменения полностью соответствует зависимостям, приведенным на рис. 1. Это позволяет сделать вывод об адекватном описании полученной формулой (9) влияния основных факторов на производительность различного сортирующего оборудования.

В заключение отметим, что формула (9) не учитывает влияния концентрации, геометрических параметров сит и других факторов, играющих важную роль в организации процесса сортирования, поэтому ее практическое применение возможно после соответствующих дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Жилин В. А., Корольков В. В. Исследование работы центробежных сортировок.— Целлюлоза, бумага и картон, 1977, № 8, с. 9—10. [2]. Кугушев И. Д., Смирнов А. К. Сортирование бумажной массы.— М.: Лесн. пром-сть, 1971. [3]. Кушин А. А., Терентьев О. А. Определение гидравлических сопротивлений сит с щелевой перфорацией.— Целлюлоза, бумага и картон, 1978, № 26, с. 9—10. [4]. Смирнов К. А. Влияние геометрических параметров сит на производительность узлоловителей закрытого типа.— В кн.: Бумагоделательное машиностроение.— М.—Л.: Машиностроение, 1966, вып. 14, с. 37—51.