

## Эффективные оценки статистических параметров контроля и управления продольной и поперечной разнотолщиной бумажного полотна

П. П. Нижник<sup>1</sup>

Петрозаводский государственный университет

Выведена аналитическая формула для расчета продольной разнотолщины бумажного полотна, формирующейся при производстве бумаги. Формула пригодна для выявления главных факторов разнотолщины, для расчета управляющих воздействий с целью ее снижения.

**Ключевые слова:** разнотолщинность, бумажное полотно, технологический фактор.

Установлено, что при статистическом контроле часть годной продукции переходит в брак из-за несовершенства измерительной аппаратуры. Повышение точности измерительных приборов дает возможность увеличить выход годного.

Рекомендуется приемка готовой продукции по теоретическому весу.

Одним из основных показателей качества бумаги является ее разнотолщинность. Продольная разнотолщинность бумажного полотна зависит от многих технологических факторов, главными из которых являются изменение зазора между прессовыми валами и колебание давления в очаге деформации.

$$dh = dS + \frac{dP}{c}, \quad (1)$$

где  $c$  - жесткость клетки бумагоделательной машины;  
 $P$  - давление в очаге деформации;  
 $S$  - величина щели между прессовыми валами.

Колебания зазора  $dS$  определяются конструктивными факторами, точностью подшипников и качеством шлифовки прессовых валов.

Давление в очаге деформации бумажного полотна зависит от толщины бумажного полотна на входе  $H$  и выходе  $h$ , ее ширины  $B$ , обжатия  $\Delta h$ , контактного трения  $f$ , переднего и заднего натяжения  $\sigma_1$ ,  $\sigma_0$ , скорости  $v$ . Изменение этих факторов в технологическом процессе вызывает колебание давления в очаге деформации

$$dP = \frac{\partial P}{\partial \sigma_S} d\sigma_S + \frac{\partial P}{\partial (\Delta h)} d(\Delta h) + \frac{\partial P}{\partial v} dv + \frac{\partial P}{\partial \sigma_0} d\sigma_0 + \frac{\partial P}{\partial \sigma_1} d\sigma_1 \quad (2)$$

Численные значения частных производных легко определяются из лабораторных испытаний или экспериментов. Например, влияние колебания механических свойств можно определить из диаграмм растяжения при контрольных испытаниях в заводской лаборатории. Линеаризуя кривую  $P = \varphi(\sigma_S)$ , частную производную определяют как тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс  $\frac{\partial P}{\partial \sigma_S} = \text{tg}\beta$  (рис.).

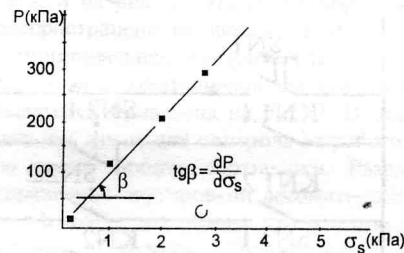


Рис.

Аналогично зависимость давления от скорости процесса определит частную производную  $\frac{\partial P}{\partial v}$  как тангенс угла наклона касательной к кривой зависимости  $P = \varphi(v)$  в точке, соответствующей скорости процесса.

Точно так же экспериментально можно установить все остальные частные производные.

Введем обозначения  $\frac{\partial P}{\partial \sigma_S} = r$ ,  $\frac{\partial P}{\partial v} = l$ ,  $\frac{\partial P}{\partial \sigma_0} = t$ ,

$$\frac{\partial P}{\partial \sigma_1} = \varphi, \quad \frac{\partial P}{\partial (\Delta h)} = a.$$

Тогда уравнение (2) запишется в виде

$$dP = dS + \frac{1}{c} [r d\sigma_S + a(dH - dh) + l dv + t d\sigma_0 + \varphi d\sigma_1], \quad (3)$$

учитывая, что  $p \approx 1,15\sigma_S - \frac{\sigma_0 + \sigma_1}{2}$ , [1]

где  $\sigma_S$  - напряжение, при котором начинается пластическое течение бумажной массы;  
 $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  - заднее и переднее натяжение полосы.

Продольная разнотолщинность бумажного полотна на выходе определится формулой

$$dh = \frac{dS}{1 + \frac{a}{c}} + \frac{1}{c} \left[ \frac{a}{1 + \frac{a}{c}} dH + \frac{l}{1 + \frac{a}{c}} dv + \frac{P}{1,15\sigma_S - \sigma_H} \cdot \frac{d\sigma_S - d\sigma_H}{1 + \frac{a}{c}} \right]. \quad (4)$$

<sup>1</sup> Автор - доцент кафедры мат. анализа

Анализ полученной формулы позволяет выявить главные факторы продольной разнотолщинности бумажного полотна, за которыми необходим особо тщательный технологический контроль.

Формула позволяет установить, изменением какого технологического фактора можно уменьшить разнотолщинность бумаги, компенсируя регулируемым воздействием некоторые другие возмущения, возникающие в системе.

Производились измерения толщины бумажного полотна на буммашине №9 Кондопожского ЦБК. В отечественной целлюлозно-бумажной промышленности используют индикаторные толщинометры типа ТНБ-1, ТНБ-2, ТНБ-3. За рубежом применяют приборы шведской фирмы "Лоренц и Веттре" СОДЕ-141 и СОДЕ-141ЕД. Точность этих приборов составляет 0,01мм [2].

Наши исследования осуществлялись с помощью рычажного микрометра с индикаторной головкой с точностью 0,002 мм. Замеры проводили через 20 мм по длине и ширине полотна.

Компьютерная обработка результатов измерения показала, что оценка математического ожидания составила  $\tilde{h} = 0,081$  мм, оценка стандарта отклонения  $\tilde{\sigma} = 0,0033$ , вариация  $v_{\alpha} = 0,0109$ .

Будем считать, что распределение размеров подчиняется нормальному закону распределения. Погрешности измерения, как известно, также подчиняются нормальному закону распределения Гаусса. Тогда полная вероятность неправильной приемки бумаги по толщине, находящейся за границами поля допуска, определится формулой

$$m = \frac{1}{\pi\sigma_{ТЕХ}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(b_{изд} + x)^2}{2\sigma_{ТЕХ}^2}} \left( \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2\sigma_{МЕТ}^2}} dx \right) dx, \quad (5)$$

где  $\sigma_{ТЕХ}$  - разброс размеров бумаги по толщине (среднеквадратическое отклонение);

$\sigma_{МЕТ}$  - предельная погрешность измерения;

$\sigma_{ИЗД}$  - половина поля допуска на толщину.

Расчеты по этой формуле для проведенных замеров толщины бумажного полотна показали, что около 4% бумаги бракуется неправильно и годная готовая продукция необоснованно переводится в негодную, вызывая значительные производственные потери.

Использование полученных в данной статье результатов расширяет возможности изготовления бумаги на нижних предельных полях допусков в связи с возможностью уменьшения разнотолщинности бумажного полотна. А это позволит реализовать внедрение приемки готовой продукции по теоретическому весу, которая является также значительным резервом бумагоделательного производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ильюшин А. А. Пластичность. М.: Гостехиздат, 1948.
2. Ильин В. Я. Машины и оборудование для переработки бумаги и картона. М., 1991.