

В матрице зашифрованы «Цели» – название строчек:

- 1 – Изменение физических свойств бумаги, в том числе оптических;
- 2 – Получение определенной структуры бумажного листа;
- 3 – Создание многослойной структуры;
- 4 – Улучшение качества бумаги;
- 5 – Создание вспененного полотна;
- 6 – Увеличение производительности;
- 7 – Отлив массы концентрацией 6–15 %.

В первой строке таблицы перечислены название столбцов, то есть чем или как реализованы цели:

А – Введение добавок в бумажную массу непосредственно перед отливом;

Б – Изменение помола, разности скоростей между секциями, натяжения при сушке;

В – Форма (структура) сетки;

Г – Совмещение в одном напорном ящике нескольких напускных устройств;

Д – Различное воздействие на стороны формирующегося слоя;

Е – Установка гасителя пульсации с гибким потокораспределителем;

Ж – Программа управления и АСУ;

З – Изменение конструкции напорного ящика;

И – Диспергирующее воздействие на бумажную массу (пульсация, ультразвук и др.).

Анализ показал, что целью 63 % патентов является изменение физических свойств бумаги (первая строка) и улучшение качества бумаги (четвертая строка).

Самыми распространенными (60 %) средствами достижения целей стали «Введение добавок в бумажную массу» и «Изменение конструкции напорного ящика».

Скорее всего развитие технологии формования бумажного листа будет идти в этих выделенных направлениях.

УДК 676.056.5

Маг. Ю. А. Островских  
Рук. В. П. Сиваков  
УГЛТУ, Екатеринбург

## **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СУШИЛЬНЫХ ЦИЛИНДРОВ В ПЕРИОД ОХЛАЖДЕНИЯ**

Известно, что теплоемкость СЦ, содержащих повышенный объем конденсата, значительно превышает теплоемкость СЦ без конденсата [1].

Охлаждение СЦ с повышенным уровнем конденсата происходит медленнее, чем в среднем в группе СЦ по пару [2]. По тренду температуры охлаждения после прекращения подачи пара можно выявить СЦ с повышенным содержанием конденсата.

Первое измерение температуры стенок торцовых крышек СЦ производим при установившемся режиме работы бумагоделательной машины за 30...60 минут до останова. Торцовые крышки СЦ нагреваются до более высокой температуры, чем цилиндрическая поверхность, контактирующая с влажным бумажным полотном и, следовательно, более точно характеризует температуру СЦ. Последующие 3...5 измерений температуры торцовых крышек проводим после прекращения подачи пара в СЦ при останове сушильной части с интервалами 30...50 минут.

Для исследования охлаждения СЦ после прекращения подачи пара произведены три последовательных измерения их температур с интервалами охлаждения в 40 минут.

Градиент  $\Delta t_i$  охлаждения СЦ определяли по формуле [3]

$$\Delta t_i = t_{in} - t_{ik}, \quad (1)$$

где  $t_{in}$ ,  $t_{ik}$  – начальная и конечная температура  $i$ -го СЦ в исследуемом интервале температур.

Средние арифметические значение градиентов температур для каждого интервала охлаждения определяли по формуле

$$\bar{\Delta t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_i. \quad (2)$$

Средние квадратические значение градиентов температур для каждого интервала охлаждения определяли по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \bar{\Delta t})^2}. \quad (3)$$

Допустимые максимальные  $\Delta T_{max}$  и минимальные  $\Delta T_{min}$  значения градиентов температур для каждого из интервалов охлаждения определяли по формулам:

$$\left| \bar{\Delta t}_i \right|_{\max} = \bar{t}_i + t_c \sigma; \quad \left| \bar{\Delta t}_i \right|_{\min} = \bar{t}_i - t_c \sigma, \quad (4)$$

где  $t_c$  – расчетное значение критерия Стьюдента [3].

Расчетный критерий Стьюдента определяем по формуле

$$t_{cp25} = \left| \bar{t} - t_{25}^* \right| / \sigma, \quad (5)$$

где  $t_i^*$  – минимальные значения температур  $i$ -х СЦ, значительно отклоняющиеся от  $\bar{t}$ .

Проверены значения для СЦ №7, 21 и 25:  $t_7^* = t_{21}^* = 109 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{25}^* = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Из справочной таблицы [3] определяем значение  $t_c$  – критерия Стьюдента при доверительной вероятности  $p = 0,9$  и числе степеней свободы  $f = n - 1 = 24$ , получаем  $t_c = 1,72$ .

Расчетные характеристики градиентов температур сушильных групп по пару по интервалам периода охлаждения приведены в таблице.

Расчетные характеристики градиентов температур сушильных групп по пару во время охлаждения

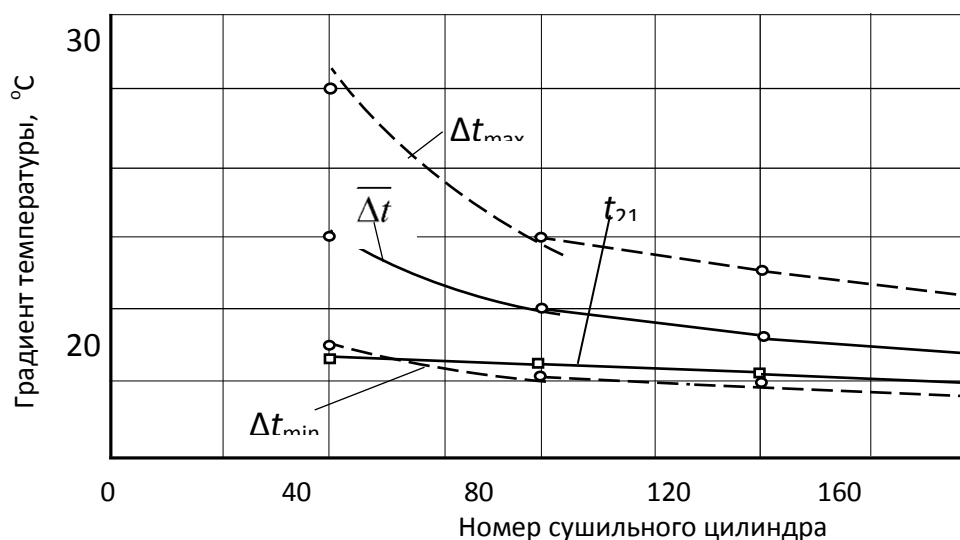
Характеристики градиентов температуры	Номер групп по пару	Температура, $^\circ\text{C}$ , за время от начала охлаждения, мин				
		0-40	40-80	80-120	120-160	
Среднее арифметическое значение $\overline{\Delta t}_i, i = \overline{1, 2, 3}$	3	26	36	12	7	
	2	19	22	14	8	
	1	14	10	8	7	
Среднее квадратическое значение $\sigma_i, i = \overline{1, 2, 3}$	3	13,1	16,1	1,6	1,5	
	2	2,8	5,2	2,9	2,7	
	1	6,8	2,4	1,7	1,6	
Допустимые уровни	$t_{\max}$	3	64	82	16,7	13
		2	25	32	19,4	14
		1	26	15	13	12
	$t_{\min}$	3	38	10	7	5
		2	13	11	9	6
		1	7	5,5	5	4

Графики изменения расчетных характеристик градиентов температур СЦ за время охлаждения по интервалам для первой группы приведены на рисунке.

Из графиков следует, что за период охлаждения в 160 минут среднее арифметическое значение  $\overline{\Delta t}$  снизилось в два раза с 14 до 7  $^\circ\text{C}$ . Цилиндры № 15, 21 имеют более низкий градиент температур ( $\Delta t_{15} = \Delta t_{21} = 9 \text{ }^\circ\text{C}$ ) за период охлаждения. Также эти цилиндры имеют пониженную рабочую температуру ( $t_{15} = 114 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{21} = 109 \text{ }^\circ\text{C}$ ) при среднем арифметическом значении температуры  $\bar{t} = 119 \text{ }^\circ\text{C}$ . Градиенты температуры СЦ №15, 21 за период охлаждения снизились с  $\Delta t = 7$  до  $\Delta t = 5$  или в 1,4 раза.

График градиента температуры СЦ №21 показан на рисунке.

Пониженную температуру СЦ №15, 21 в рабочем режиме после прекращения подачи пара можно объяснить неисправностью системы удаления конденсата.



Зависимость градиентов температуры от времени охлаждения СЦ первой группы по пару:

$\overline{\Delta t}$  – среднее арифметическое значение;  $T_{max}$ ,  $T_{min}$  – допустимые верхний и нижний уровни;  $t_{21}$  – градиент температуры СЦ №21 с повышенным содержанием конденсата

По разработанной авторами методике создан и апробирован алгоритм расчета допустимых уровней градиентов температур охлаждения СЦ. При проверке градиентов температур охлаждения по предложенному алгоритму расчета обнаружены СЦ с повышенным содержанием конденсата.

### Библиографический список

1. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумагоделательные и картоноделательные машины : учеб. пособие / под ред. В. С. Курова, Н. Н. Кокушина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 588 с.
2. Машины для производства бумаги / под ред. В. С. Курова, Н. Н. Кокушина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 646 с.
3. Сивков В. П., Вураско А. В., Леонович А. А. Основы научных исследований химической и механической переработки растительного сырья : учеб. пособие. – Екатеринбург : УГЛТУ. 2010. – 167 с.