

Таблица 3

подвергнутого сорбционной и воздушной сушке

фракций с размерами частиц, мм						Средний диаметр частиц, мм	Степень измельчения
0,630... 0,400	0,400... 0,315	0,315... 0,200	0,200... 0,160	0,160... 0,100	0,100... 0,071		
15,49	4,21	8,50	6,92	3,46	1,43	1,140	1,22
31,05	9,85	8,80	6,92	3,68	1,50	0,846	1,65
24,06	13,83	8,27	4,89	2,41	—	0,887	1,58
29,43	20,00	6,29	4,57	4,00	3,43	0,814	1,72
17,07	6,69	13,23	7,67	6,17	2,26	0,913	1,53
14,44	12,48	13,61	5,11	1,88	—	1,341	1,04
14,16	7,68	13,40	8,89	1,51	0,75	1,061	1,32
17,57	7,81	14,11	10,81	8,11	1,35	0,779	1,80
14,74	10,00	17,97	7,52	4,66	1,80	0,870	1,61
32,78	8,95	7,74	7,44	6,09	2,26	0,833	1,68
21,58	15,71	12,86	3,61	1,50	1,88	0,911	1,54
33,83	15,41	3,83	2,18	1,20	0,90	0,959	1,46
20,23	16,47	12,18	4,21	2,48	1,28	0,829	1,69
23,61	10,53	12,41	5,56	3,31	0,83	0,852	1,64
15,94	12,93	11,28	8,87	2,93	—	0,962	1,46
18,77	8,11	21,77	9,16	6,16	1,05	0,739	1,89
20,16	7,75	11,63	3,88	2,33	0,78	1,400	—

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гордон Г. М., Пейсахов И. Л. Контроль пылеулавливающих установок.— М.: Металлургия, 1961.— 308 с. [2]. Левин Б. Д., Николаева Г. В., Воронин В. М. Сушка лигнина в барабанной сушилке // Лесн. журн.— 1989.— № 4.— С. 90—93.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Левин Б. Д., Романченко П. Г. О сушке лигнина сорбирующими телами // Лесн. журн.— 1990.— № 2.— С. 86—88.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Левин Б. Д., Романченко П. Г. Регенерация поглотителя при сорбционной сушке материалов // Научно-технический и социальный прогресс лесопромышленного комплекса Восточно-Сибирского региона: Сб. статей науч.-техн. конф.— Красноярск, 1990.— Т. 2.— С. 186—190. [5]. Левин Б. Д. Сушка лигнина в барабанной сушилке на различных насадках // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.— 1989.— № 2.— С. 12—13. [6]. Пен Р. З., Менчер Э. М. Статистические методы в целлюлозно-бумажном производстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 120 с.

Поступила 20 февраля 1991 г.

УДК 676.1.022.1

**СТАБИЛИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА  
НЕБЕЛЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ  
ПРИ ВАРКЕ В АППАРАТЕ «КАМЮР»**

**В. П. ПАХТУСОВА, С. В. ДЕДОВ, Т. Ф. ЛИЧУТИНА,  
В. И. КОМАРОВ**

ПО «Соломбальский ЦБК»  
Архангельский лесотехнический институт

Выпуск небеленой сульфатной целлюлозы марки НС-2 ГОСТ 11208—82 в ПО «Соломбальский ЦБК» составляет 98... 99 %, в том числе высшего сорта — 85 %. Поэтому в условиях этого комбината повышения качества продукции можно достичь только грамотным и четким ведением процесса варки.

Цель нашей работы — выявить показатели качества щепы, технологические параметры варки, оказывающие наибольшее влияние на прочность целлюлозы, определить стабильность параметров, а также норму остаточной эффективной щелочности черного щелока для стабильного провара целлюлозы.

Исследования выполнены в промышленных условиях в варочных аппаратах «Камюр» № 1, 2 на потоке непрерывной сульфатной варки. Отбор проб целлюлозы проводили в течение 6 ч, пробы усредняли. При проведении эксперимента проанализировано 17 усредненных проб. Контроль за технологическими параметрами осуществляли по показаниям приборов, на пульте, качество щепы — по ГОСТ 15815—83, дополнительно определяя ее толщину, насыпную массу и удельный объем. Анализ щелоков и полученной массы проводили по действующим отраслевым методикам и ГОСТам.

Полученный экспериментальный материал обработан на ЭВМ ЕС-1022.

Анализ качества технологической щепы (табл. 1) показал, что в течение эксперимента стабилен один показатель — содержание нормальной фракции (коэффициент вариации  $v = 1,21\%$ ), нестабильны —

Таблица 1

Показатель	Норма по ГОСТ 15815—83	Значение показателя			Коэффициент вариации, %
		Максимальное	Минимальное	Среднее	
Состав по фракциям, %:					
крупная	5,0	3,8	2,5	4,9	17,2
нормальная	84,0	88,8	86,8	90,8	1,2
мелкая	10,0	6,7	5,2	8,0	15,7
опилки	1,0	0,5	0,2	1,2	59,9
кора	15,0	2,2	1,5	3,0	23,2
гниль	3,0	0,3	0,1	1,0	92,3
Распределение, %:					
а) по длине, мм:					
0...10		12,8	1,0	80,8	194,1
10...15		7,5	1,0	22,6	95,5
15...20		15,9	6,2	26,6	48,8
20...25		22,4	2,8	36,8	52,5
25...30		18,4	4,1	32,0	46,6
> 30		20,1	3,5	40,4	67,7
б) по толщине, мм:					
0...1		6,2	1,3	20,3	85,2
1...2		11,9	5,4	28,6	52,3
2...3		19,1	3,2	37,3	54,9
3...4		17,4	2,8	30,4	62,3
4...5		11,2	1,1	19,7	51,3
> 5		18,7	5,2	31,0	45,6
в) по ширине, мм:					
0...10		26,2	2,7	41,3	42,6
10...15		15,1	3,1	25,8	49,8
15...20		19,5	5,5	31,0	45,2
20...25		13,6	5,5	23,9	39,5
25...30		9,5	0,9	22,7	68,9
> 30		7,4	0,0	21,8	82,0
Удельный объем, м <sup>3</sup> /т		1,3	1,2	1,3	3,4
Плотность, г/см <sup>3</sup>		0,8	0,8	0,9	3,5
Влажность, %		49,5	45,9	52,2	3,7
Плотная масса, кг/м <sup>3</sup> :					
в абс. сухом состоянии		460,0	450,0	470,0	1,7
при влажности 30 %		401,0	388,7	409,7	1,7
Насыпная масса, кг/м <sup>3</sup>		124,2	119,9	131,9	3,0

Примечание. Нормируемые размеры щепы: длина — 15...20 мм, толщина — 5 мм.

содержание крупной фракции ( $v = 17,2 \%$ ), опилок ( $v = 59,9 \%$ ) и коры ( $v = 22,2 \%$ ). Самое большое значение коэффициента вариации отмечено для содержания щепы мелкой фракции длиной 0...10 мм ( $v = 194 \%$ ) и толщиной 0...1 мм ( $v = 85 \%$ ).

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что стандартные характеристики щепы отличаются большой неоднородностью. Содержание щепы длиной 15...25 мм составило 38,3 %, а толщиной более 5 мм — 18,7 %.

Нестабильность показателей технологической щепы вызвала колебание степени заполнения дозатора (табл. 2). Технологические параметры работы варочного котла № 1 приведены в табл. 3. Установлено, что нестабильны общий расход щелока ( $v = 9,4 \%$ ), расход щелока в верхней ( $v = 15,6 \%$ ), и нижней ( $v = 8,2 \%$ ) варочных зонах (ВВЗ и НВЗ), остаточная эффективная щелочность черного щелока ( $v = 35,5 \%$ ), степень делигнификации ( $v = 12,2 \%$ ).

Таблица 2

Частота вращения дозатора, об/мин	Коэффициент заполнения	Масса щепы, подаваемая за один оборот дозатора, кг, при насыпной массе, кг/м <sup>3</sup>			
		115	120	125	130
13,0	0,950	27,3	28,5	29,7	30,9
13,5	0,925	26,6	27,8	28,9	30,1
14,0	0,900	25,9	27,0	28,1	29,2
14,5	0,875	25,2	26,3	27,3	28,4
15,0	0,850	24,4	25,5	26,6	27,6
15,5	0,825	23,7	24,8	25,8	26,9
16,0	0,800	23,0	24,0	25,0	26,0
16,5	0,775	22,3	23,2	24,2	25,2
17,0	0,750	21,6	22,5	23,4	24,4
17,5	0,725	20,8	21,8	22,7	23,6
18,0	0,700	20,1	21,0	21,8	22,8
18,5	0,675	19,4	20,3	21,0	21,9
19,0	0,650	18,7	19,5	20,3	21,1

Таблица 3

Технологический параметр	Значение параметра			Коэффициент вариации, %
	Максимальное	Минимальное	Среднее	
Частота вращения дозатора, об/мин	16,7	12,9	15,3	5,4
Расход щелочи, % от абс. сухой древесины	18,8	10,0	16,1	9,4
Температура в варочных зонах, °С:				
а) верхняя:				
до подогревателя	158	142	149,9	2,7
после подогревателя	169	101	159,8	5,6
б) нижняя:				
до подогревателя	172	162	168,7	1,5
после подогревателя	179	102	172,7	5,2
Расход щелочи в варочных зонах, м <sup>3</sup> /ч:				
верхней	240	150	169,8	15,6
нижней	400	290	355,7	8,2
Давление в котле, кгс/см <sup>2</sup>	13,6	13,0	13,4	1,5
Температура выдуваемой массы, °С	83,0	72,0	75,8	5,8
Содержание активной щелочи в белом щелоке, г/л ед. Na <sub>2</sub> O	103,9	98,7	101,8	1,5
Сульфидность, %	33,2	28,6	30,5	4,2
Остаточная эффективная щелочность, г/л ед. Na <sub>2</sub> O	8,14	1,89	3,8	35,3
Степень делигнификации, ед. Каппа	39,9	19,2	32,2	12,2

В целях определения влияния показателей качества щепы и технологических параметров на степень делигнификации предложены уравнения регрессии. Для варочного котла «Камюр» № 1 зависимость качества массы от технологических параметров выражена следующими уравнениями:

$$Y = 79,40 + 0,15X_1 + 0,46X_2 + 0,08X_3 + 0,02X_4 - 0,40X_5 + \\ + 0,03X_6 - 0,03X_7 - 0,0014X_8 - 1,50X_9;$$

$$Y = 27,77 + 0,46X_2; \quad Y = 23,20 + 0,08X_3; \quad Y = 32,07 + 0,02X_4;$$

$$Y = 102,65 - 0,40X_5; \quad Y = 29,90 + 0,03X_6; \quad Y = 35,68 - 0,03X_7;$$

$$Y = 35,67 - 0,0014X_8; \quad Y = 40,87 - 1,50X_9.$$

где  $Y$  — степень делигнификации, ед. Каппа;

$X_1$  — частота вращения дозатора, об/мин;

$X_2$  — расход активной щелочи от абс. сухой древесины, %;

$X_3$  — температура щелока до подогревателя в ВВЗ, °С;

$X_4$  — температура после подогревателя в ВВЗ, °С;

$X_5$  — температура до подогревателя в НВЗ, °С;

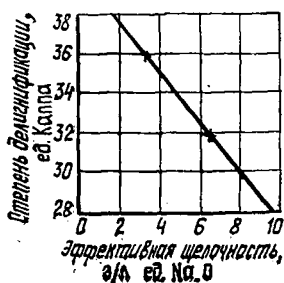
$X_6$  — температура после подогревателя в НВЗ, °С;

$X_7$  — расход щелока в ВВЗ, м<sup>3</sup>/ч;

$X_8$  — расход щелока в НВЗ, м<sup>3</sup>/ч;

$X_9$  — остаточная эффективная щелочность черного щелока, г/л (в ед. Na<sub>2</sub>O).

Анализ показал, что наибольшее влияние на степень делигнификации при данном режиме оказывали расход щелочи на варку, остаточная эффективная щелочность и температура по варочным зонам.



Зависимость степени делигнификации от концентрации эффективной щелочи в черном щелоке

Для варочного котла № 1 зависимость степени делигнификации от эффективной щелочности описывается уравнением прямой типа  $Y = 40,87 - 1,50X_9$  и представлена на графике (см. рисунок), что дает возможность рекомендовать норму для технологического регламента по остаточной эффективной щелочности черного щелока 4...6 г/л ед. Na<sub>2</sub>O при степени делигнификации 32...36.

В период эксперимента на варочном аппарате «Камюр» № 1 выпуск целлюлозы марки НС-2 высшего сорта составил 90 %, стабильными оказались такие показатели механической прочности, как разрывная длина ( $v = 5,2$  %) и сопротивление продавливанию ( $v = 4,2$  %), некоторой нестабильностью отличался показатель сопротивления раздиранью ( $v = 6,6$  %). На разрывную длину положительное влияние оказывало содержание щепы длиной 15...20 мм ( $v = 0,65$  %), на сопротивление продавливанию — содержание щепы толщиной 2...4 мм (положительное влияние) и содержание коры и щепы длиной 0...10 мм (отрицательное).

На основании экспериментальных данных аналогично была проанализирована зависимость показателей прочности целлюлозы от фракционного состава щепы и получены следующие уравнения:

$$L = 88 - 0,420x_1 - 0,787x_2 - 0,492x_3 - 1,607x_4 - 1,758x_5 + 0,490x_6;$$

$$R = 9888,70 - 66,00x_1 - 86,02x_2 - 69,90x_3 - 280,70x_4 - 141,80x_5 - 90,32x_6;$$

$$П = 2424,4 - 14,70x_1 - 18,34x_2 - 34,13x_3 - 50,50x_4 - 5,28x_5 - 7,51x_6,$$

где  $L$  — разрывная длина, км;  
 $R$  — сопротивление раздиранию, мН;  
 $П$  — сопротивление продавливанию, кПа;  
 $x_1, x_2, x_3$  — содержание соответственно крупной, нормальной и мелкой фракций, %;  
 $x_4, x_5, x_6$  — содержание соответственно опилок, коры и гнили, %.

Анализ уравнений показал, что с увеличением содержания коры на 1,5 % разрывная длина уменьшается от 8,8 до 7,3 км, сопротивление раздиранию — от 1100 мН до 850 мН, а сопротивление продавливанию — от 530 до 520 кПа.

При возрастании содержания крупной фракции щепы от 2,5 до 5 % разрывная длина снижается от 8,9 до 7,8 км, сопротивление раздиранию — от 1090 до 930 мН, сопротивление продавливанию — на 35 кПа.

Увеличение содержания мелкой фракции на 3 % вызывает уменьшение разрывной длины от 9,1 до 7,8 км, сопротивления раздиранию — на 175 мН, сопротивления продавливанию — на 85 кПа.

В табл. 4 даны статистические характеристики показателей физико-механических свойств целлюлозы, сваренной в аппарате № 1.

Анализ данных таблицы показал, что суммарная сорность для степени делигнификации 27,5... 35,0 составила в среднем 4711 сор./м<sup>2</sup> при колебаниях 2017... 6190 сор./м<sup>2</sup> ( $v = 30,1$  %). Высокий коэффи-

Таблица 4

Показатель физико-механических свойств	Значение показателя			Коэффициент вариации, %
	Максимальное	Минимальное	Среднее	
Содержание сора, сор./м <sup>2</sup> :				
а) крупного, площадь, мм <sup>2</sup> :				
> 5	0,001	209	73	109,6
> 2	0,001	221	124	66,2
> 1	95,0	1575	674	78,2
< 1	1922	5702	3831	35,1
а) общего	2017	6190	4711	30,1
Непровар, %	0,5	2,45	1,6	47,6
Средняя длина волокна, мм	1,99	2,80	2,40	13,0
Содержание волокон, %, длиной, мм:				
0... 0,6	1,0	44,0	7,6	187,7
0,6... 1,2	8,0	73,0	29,2	63,7
1,2... 1,8	19,0	44,0	30,4	29,3
1,8... 2,4	21,0	48,0	32,4	25,8
2,4... 3,0	18,0	37,0	25,9	25,1
> 3,0	35,0	61,0	46,1	20,1
Разрывная длина, км	7,979	9,250	8,642	5,2
Сопротивление, кПа: продавливанию	488,0	554,0	522,6	4,2
раздиранию	944,0	1096,0	1009,0	6,6

циент вариации имело содержание сора площадью более 5 мм<sup>2</sup> (109,6 %). При этом нестабильными оказались такие показатели, как непровар и длина волокна. Невозможность получения целлюлозы с указанными выше показателями вызвана неустойчивым обеспечением варочных котлов технологической щепой, соответствующей марке Ц-3 и нестабильными параметрами режима варки.

На основании выполненных исследований для стабилизации качества целлюлозы по показателю «степень делигнификации» рекомендовано следующее:

- управление режимом варки вести по температуре в зонах варки;
- контроль варки проводить по остаточной эффективной щелочности черного щелока и поддерживать его на уровне 4...6 г/л ед. Na<sub>2</sub>O;
- повысить требования к качеству технологической щепы по содержанию в ней крупной и мелкой фракций, коры.

Исследования по стабилизации процесса варки по показателю «степень делигнификации» будут продолжены в связи с внедрением АСУТП непрерывной варки.

---

Поступила 29 ноября 1991 г.