

УДК 676.16

**М.А. Холмова, В.И. Комаров, А.В. Гурьев**

Холмова Марина Анатольевна родилась в 1981 г., окончила в 2003 г. Архангельский государственный технический университет. Аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства АГТУ. Имеет более 10 печатных работ в области получения сульфатной хвойной небеленой целлюлозы высокого выхода.



Гурьев Александр Владиславович родился в 1965 г., окончил в 1990 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных трудов в области исследования свойств и разработки технологии производства и переработки тарного картона.



## **ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ СВОБОДНО ОТДЕЛЯЕМЫХ И ПРИНУДИТЕЛЬНО РАЗДЕЛЯЕМЫХ ВОЛОКОН НА СВОЙСТВА СУЛЬФАТНОЙ ХВОЙНОЙ ЦВВ**

Предложен новый подход к оценке свойств сульфатной хвойной небеленой ЦВВ, при котором полуфабрикат рассматривают как смесь двух видов волокон: свободно отделяемых и принудительно разделяемых.

*Ключевые слова:* небеленая сульфатная целлюлоза высокого выхода, свободно отделяемые волокна, принудительно разделяемые волокна, физико-механические свойства.

Особенностью технологии сульфатной хвойной целлюлозы высокого выхода (ЦВВ), используемой в композиции крафт-лайнера, является необходимость разделения полупроваренной щепы на волокна (в дальнейшем – разволокнение) с помощью двухступенчатого горячего размола, а также наличие замкнутой системы сортирования волокна и переработки отходов с последующим их возвратом в основной поток [1, 5]. В результате проведения этих операций получают полуфабрикат, представляющий собой смесь волокон двух видов: свободно отделяемое волокно (СОВ), которое образуется в основном в результате гидродинамического воздействия при выдувке полученной массы; принудительно разделяемое волокно (ПРВ), которое получают при дополнительном внешнем механическом воздействии в ходе горячего размола.

Физико-механические свойства такого полуфабриката обусловлены относительным содержанием и свойствами указанных компонентов. Отно-

сительное содержание СОВ и ПРВ в композиции сульфатной хвойной ЦВВ зависят, в первую очередь, от размеров и свойств щепы, наличия и условий пропитки варочным щелоком, параметров варки и последующего разволокнения.

В настоящее время отсутствует теория, позволяющая установить количественную связь между физико-механическими свойствами отдельных целлюлозных волокнистых полуфабрикатов и механическим поведением материала, приготовленного из их смеси [2–4]. Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение свойств СОВ и ПРВ и определение влияния относительного содержания ПРВ в смеси на свойства сульфатной хвойной ЦВВ.

Пробы целлюлозной массы отбирали непосредственно из выдувных линий потоков А, В и С варочно-промывного цеха целлюлозного завода. Режимы варок сульфатной ЦВВ по потокам: В – температура варки 165 ... 175 °С, расход активной щелочи 14 ... 15 % к массе абс. сухой древесины, продолжительность варки 110 мин, предварительная пропитка щепы варочным щелоком в течение 50 мин при температуре 110 °С; А и С – температура 165 ... 175 °С, расход активной щелочи 14 ... 15 % к массе абс. сухой древесины, продолжительность варки 48 мин без предварительной пропитки щепы.

При промывке отобранной массы в лабораторных условиях на сцезах было получено СОВ. Оставшуюся в сцезе неразволокненную массу разделяли на волокна в центробежном размалывающем аппарате при концентрации 6 % и температуре 80 °С в течение 15 мин. При ее промывке было получено ПРВ.

У образцов СОВ и ПРВ определяли число Каппа, которое соответственно составило в технологических потоках: В – 82 и 97 ед., С – 86 и 95 ед., А – 69 и 79 ед. Существенное отличие этого показателя у СОВ и ПРВ, полученных из массы технологических потоков А и С, вызвано особенностью отбора проб в режиме временного останова котла. Таким образом, число Каппа для двух видов волокон в каждом из трех технологических потоков отличается примерно на 10 ед.

Таблица 1

**Бумагообразующие свойства СОВ (числитель) и ПРВ (знаменатель)  
сульфатной хвойной ЦВВ**

Технологический поток, расчетный параметр $K$	Число Каппа, ед.	$l_w$ , мм	МКФ, %	$F_{св}$ , мПа	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
С	<u>82</u>	<u>2,36</u>	<u>9,3</u>	<u>1,46</u>	<u>0,79</u>
	97	2,39	10,2	1,68	0,75
К, %	–	+1,3	+9,6	+15,1	–5,7
В	<u>86</u>	<u>1,83</u>	<u>22,7</u>	<u>1,60</u>	<u>0,77</u>
	95	2,04	13,4	1,26	0,75
К, %	–	+11,5	–41,1	–21,2	–2,0

A	$\frac{69}{79}$	$\frac{1,99}{2,12}$	$\frac{15,2}{13,2}$	$\frac{1,73}{1,40}$	$\frac{0,81}{0,74}$
K, %	–	+6,5	–11,5	–19,1	–9,7

В качестве характеристик бумагообразующих свойств образцов СОВ и ПРВ использовали следующие показатели: средневзвешенная длина волокна  $l_w$ , относительное содержание волокон мелкой фракции МКФ (массовая доля волокон длиной менее 1,2 мм), межволоконные силы связи по методу Иванова  $F_{св}$ , плотность структуры  $\rho$  (табл. 1).

В табл. 1, кроме средних величин характеристик, приведены расчетные значения параметра  $K = ((\text{ПРВ} - \text{СОВ})100)/\text{СОВ}$ , %, позволяющего оценить различие бумагообразующих свойств двух видов волокон.

Из табл. 1 следует, что варки без предварительной пропитки щепы варочным щелоком СОВ отличаются меньшей средневзвешенной длиной волокна и большими межволоконными силами связи по сравнению с ПРВ. Снижение числа Каппа двух видов волокон приводит к увеличению средневзвешенной длины волокна и разницы значений средневзвешенной длины волокна на 5,0 % и сил связи на 2,0 %. При этом увеличивается плотность СОВ и несколько снижается плотность ПРВ, а их разница возрастает на 6,3 %.

Исследование свойств ЦВВ с различным относительным содержанием ПРВ проводили на лабораторных образцах, имеющих массу  $1 \text{ м}^2 150 \text{ г}$  и изготовленных из полуфабрикатов, размолотых до степени помола  $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{ШР}$ . Содержание ПРВ в образцах варьировали от 0 до 100 % с шагом 10 %.

У всех полученных образцов ЦВВ определены показатели, характеризующие различные группы физико-механических свойств: прочность оценивали по сопротивлению продавливанию  $\Pi$ ; разрывной длине  $L_p$  и разрушающему усилию при сжатии кольца RCT; жесткость – по сопротивлению сжатию короткого участка образца SCT, жесткости при растяжении  $S_t$  и изгибе  $S_b$ .

В ходе предварительного анализа показателей физико-механических свойств лабораторных образцов выяснилось, что принятый шаг варьирова-

Таблица 2

**Характеристики прочности и жесткости образцов ЦВВ с различным содержанием ПРВ**

Технологический поток	Содержание ПРВ, %	$\Pi$ , кПа	$L_p$ , м	RCT, Н	SCT, кН/м	$S_t$ , Н/м	$S_b$ , Н·м
А	0	1 170	10 400	440	6,61	970	3,68
	10...20	1 000	9 500	388	6,16	910	3,57
	30...40	1 060	9 100	400	6,22	920	3,93
	50...60	1 090	8 700	400	5,97	1 000	3,36
	70...80	990	8 600	390	6,10	900	3,50
	90...100	980	8 500	385	6,02	950	3,56
В	0	1 130	10 100	405	6,00	1 010	3,34

С	10...20	1 060	9 700	410	5,84	940	3,59
	30...40	1 090	8 600	410	5,81	900	3,08
	50...60	1 040	8 400	420	5,93	940	3,79
	70...80	1 050	8 800	410	5,91	935	3,42
	90...100	1 020	8 010	400	5,89	925	3,63
	0	1 090	8 600	435	6,10	800	3,37
	10...20	996	9 400	405	6,06	935	3,51
	30...40	1 000	9 110	404	6,25	945	3,82
	50...60	980	8 400	405	6,10	905	3,84
	70...80	1 000	8 820	380	5,80	910	3,56
	90...100	990	7 800	380	5,48	875	3,49

ния содержания ПРВ в композиции сульфатной ЦВВ, равный 10 %, оказался слишком мелким, поскольку свойства образцов отличались несущественно. Поэтому для дальнейшего анализа образцы были сгруппированы по относительному содержанию ПРВ в ЦВВ: 10 ... 20, 30 ... 40, 50 ... 60, 70 ... 80, 90 ... 100 %. Значения характеристик прочности и жесткости соответствующих групп образцов представлены в табл. 2.

Уже при содержании до 20 % ПРВ в композиции полуфабриката наблюдается значительное снижение исследуемых характеристик. Дальнейшее увеличение содержания ПРВ приводит к незначительному снижению свойств полуфабриката. Наиболее существенно это проявляется для сопротивления продавливанию на всех технологических потоках, разрывной длины на потоках А и В, разрушающего усилия при сжатии кольца на потоках А и С, жесткости при растяжении на потоке В. В целом при увеличении содержания ПРВ в композиции полуфабриката показатели физико-механических свойств снижаются на 3 ... 18 %.

По результатам испытаний образцов при одноосном статическом растяжении были построены кривые зависимости «напряжение–деформация» и получены показатели, характеризующие процесс деформирования: пределы упругости  $\sigma_{\square}$  и упругой деформации  $\varepsilon_1$ , разрушающее напряжение  $\sigma_p$ , деформация  $\varepsilon_p$  и работа  $A_p$  разрушения, начальный модуль упругости  $E_1$ , энергия, поглощаемая при растяжении образца до разрушения (ТЕА).

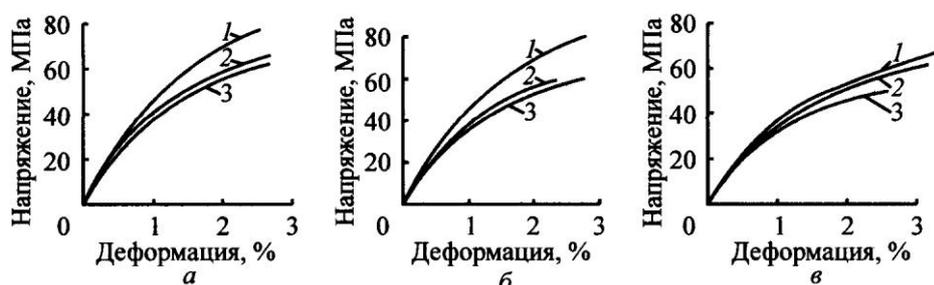
Таблица 3

**Характеристики, полученные при обработке кривых зависимости  
«напряжение – деформация»**

Технологический поток	Содержание ПРВ, %	$\varepsilon_1$ , %	$\sigma_1$ , МПа	$\varepsilon_p$ , %	$\sigma_p$ , МПа	$E_1$ , МПа	$A_p$ , мДж	ТЕА, Дж/м <sup>2</sup>
А	0	0,51	26,2	2,54	77,7	5260	334	246
	10...20	0,44	19,9	3,19	73,0	4600	435	297
	30...40	0,35	16,2	3,05	70,6	4750	406	278
	50...60	0,37	18,6	2,74	67,6	5130	348	232
	70...80	0,38	16,8	2,92	66,6	4460	372	248
	90...100	0,35	15,8	2,94	67,0	4580	392	262

В	0	0,49	24,6	2,81	80,3	5160	409	272
	10...20	0,37	18,3	2,97	78,7	5040	419	278
	30...40	0,43	18,7	2,45	60,9	4460	277	185
	50...60	0,40	17,8	2,54	63,8	4500	315	210
	70...80	0,38	17,9	2,91	69,3	4640	381	254
	90...100	0,38	16,7	3,02	68,4	4450	405	270
С	0	0,41	16,7	3,26	65,8	4190	406	271
	10...20	0,46	21,1	2,78	71,1	4670	367	245
	30...40	0,44	20,4	3,16	77,5	4730	457	305
	50...60	0,30	13,0	2,67	62,5	4470	319	213
	70...80	0,40	18,4	2,99	70,6	4420	397	265
	90...100	0,46	18,8	2,68	58,3	4260	310	207

При анализе данных табл. 3 установлено, что образцы, имеющие максимальные значения предела упругой деформации и предела упругости, обладают низкими или минимальными значениями работы и деформации разрушения. Так, на потоке А это СОВ, на потоке С – ПРВ, на потоке В – ЦВВ, содержащая в композиции 30 % ПРВ. Максимальной работой разрушения и энергией, поглощаемой при растяжении образца до разрушения, обладают ЦВВ, содержащие в композиции 10 ... 20 % ПРВ на потоках А и В, 30 ... 40 % ПРВ на потоке С.



Зависимость «напряжение – деформация» для лабораторных образцов сульфатной хвойной ЦВВ, полученных на технологических потоках А (а), В (б) и С (в), при содержании ПРВ в композиции, %: 1 – 0; 2 – 50; 3 – 100

Как видно из рисунка, на всех технологических потоках производства сульфатной хвойной ЦВВ наибольшую способность к деформированию при растяжении имеют образцы СОВ, а наименьшую – ПРВ.

#### Выводы

1. Свойства ПРВ и СОВ сульфатной хвойной ЦВВ существенно отличаются: первые имеют большие средневзвешенную длину волокна и число Каппа, меньшую адгезионную способность.
2. Физико-механические свойства СОВ по сравнению с ПРВ выше в среднем на 7 %.
3. Наибольшую способность к деформированию при растяжении имеют образцы СОВ.

4. Показано, что для получения заданных значений характеристик деформативности и прочности необходима оптимизация относительного содержания СОВ и ПРВ в композиции сульфатной хвойной ЦВВ, которую можно осуществить, изменяя параметры варки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галеева, Н.А.* Производство полуцеллюлозы и целлюлозы высокого выхода [Текст] / Н.А. Галеева. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 318 с.
2. *Комаров, В.И.* Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов [Текст] / В.И. Комаров. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. – 440 с.
3. *Кулезнев, В.Н.* Смеси полимеров [Текст] / В.Н. Кулезнев. – М.: Химия, 1980. – 304 с.
4. *Тагер, А.А.* Физикохимия полимеров [Текст] / А.А. Тагер. – М.: Химия, 1978. – 544 с.
5. *Gullichsen, J.* Papermaking Science and Technology [Text] / J. Gullichsen // A series of 19 books. – Helsinki: TAPPI PRESS, 1998. – 693 p. – Book 6A: Chemical Pulping.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 29.01.06

*M.A. Kholmova, V.I. Komarov, A.V. Gurjev*

#### **Influence of Ratio of Freely Separated Fiber and Forcibly Separable Fiber on Characteristics of Sulphate Softwood Pulp of High Yield**

New approach to assessment of sulphate softwood unbleached pulp of high yield is proposed under which the semi-finished product is treated as a mixture of two fiber types: freely separated and forcibly separable fiber.

