

УДК 676.014.42:676.024.7

**Т. О. Щербакова**, аспирант (БГТУ);**Н. В. Черная**, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой (БГТУ);**П. А. Чубис**, кандидат технических наук, старший преподаватель (БГТУ);**Н. В. Жолнерович**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);**О. Ю. Саванович**, студентка (БГТУ)**ОСОБЕННОСТИ ПРОКЛЕЙКИ НАПОЛНЕННОЙ БУМАЖНОЙ МАССЫ  
В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТА**

Показано, что снижение размера частиц наполнителя от 3–5 мкм (природный) до 0,65–0,82 мкм ( $\{[\text{CaCO}_3]_m \cdot n\text{CO}_3^{2-} \cdot (n-x)\text{Na}^+\}^{x-} \cdot x\text{Na}^+\}$ ) позволяет провести процесс наполнения не только в режиме гетероадагуляции, но и пенитрации. Для получения высокозольной бумаги с повышенными гидрофобными и прочностными свойствами целесообразно последовательно вводить в волокнистую суспензию хлорид кальция и карбонат натрия для получения частиц высокодисперсного наполнителя (расход 10% от а. с. в.), а затем полиэтиленимин (расход 0,075% от а. с. в.) и проклеивающее вещество АКД (расход 0,5% от а. с. в.), проявляющие флокулирующее и проклеивающее действие соответственно.

It is shown that to reduce the size of the filler particles from 3–5 microns (natural) to 0.65–0.82 microns ( $\{[\text{CaCO}_3]_m \cdot n\text{CO}_3^{2-} \cdot (n-x)\text{Na}^+\}^{x-} \cdot x\text{Na}^+\}$ ) allows for the filling process in heteroadagulation and penetration. To obtain high elevated paper with high-hydrophobic and strength properties it is advisable to sequentially introduced into the pulp slurry, calcium chloride and sodium carbonate to obtain superfine particles of filler (consumption 10% of a. d. f.), then polyethylenimine (consumption 0.075% a. d. f.) and adhesive based on alkylketenedimer AKD (consumption 0.5% a. d. f.) demonstrating flocculating and sizing effect respectively.

**Введение.** В композиции бумаги широко применяют разнообразные природные наполнители (мел, каолин, бланфикс, гипс и др.) [1–4]. Их использование позволяет не только заменить часть дефицитного первичного волокнистого сырья, но и придать бумаге высокие печатные свойства. Однако для частиц дисперсной фазы природных наполнителей характерны неоднородность и крупнодисперсность, что не обеспечивает равномерное распределение их на поверхности волокон.

Поэтому замена природных наполнителей на высокодисперсные (получают путем химического взаимодействия двух и более соединений) позволит, по нашему мнению, сместить процесс наполнения из традиционного режима гомотоадагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции. Следствием этого является возможность обеспечения равномерного распределения и прочной фиксации частиц наполнителя на поверхности (наполнение в режиме гетероадагуляции) и в люменах волокон (наполнение в режиме пенитрации).

Предлагаемый технологический режим наполнения бумажной массы в режиме гетероадагуляции и пенитрации осуществляли путем последовательного введения в ее структуру хлорида кальция (компонент 1) и карбоната натрия (компонент 2). Продуктами их взаимодействия являлись карбонат кальция (проявляет роль наполнителя) и хлорид натрия. Последующая стадия проклейки наполненной бумажной массы обеспечивала требуемые гидрофобные свойства полученных из нее образцов бумаги.

Поэтому изучение особенностей проклейки наполненной бумажной массы высокодисперсными соединениями, полученными путем последовательного введения в волокнистую суспензию  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  представляет научный и практический интерес.

Цель работы – изучение процесса проклейки наполненной бумажной массы высокодисперсным карбонатом кальция в присутствии полиэлектролита.

**Основная часть.** Работу проводили в два этапа: на первом – исследовали влияние высокодисперсного соединения на обезвоживающую способность наполненной волокнистой суспензии; на втором – изучали особенности проклейки наполненной бумажной массы. Научный и практический интерес представляет протекание процесса пенитрации за счет образования частиц дисперсной фазы высокодисперсного наполнителя в люменах волокон [5–8].

В исследованиях использовали следующие материалы: целлюлоза сульфатная белая из лиственных пород древесины (ГОСТ 28172–89), хлорид кальция (ГОСТ 450–77), карбонат натрия (ГОСТ 2156–76), полиэтиленимин (ПЭИ), полиамин (ПА), алкилкетендимерная эмульсия марки Vasoplast 850D (АКД), укрепленный канифольный клей марки ТМ (ТУ РБ 00280198-017-95).

Образцы бумаги изготавливали массой одного метра квадратного 80 г. Степень помола волокнистой суспензии составляла 40°ШР. Процесс наполнения 1%-ной волокнистой суспензии осуществляли путем последовательного введе-

ния в нее 10%-ных растворов компонентов 1 и 2 с последующим перемешиванием полученной дисперсной системы в течение 150 с. Количество введенных компонентов 1 и 2 приводило к образованию требуемого количества  $\text{CaCO}_3$ , которое соответствовало 5, 10, 15% от абсолютно сухого волокна (а. с. в.). После наполнения бумажной массы в нее вводили полиэлектrolит (ПА или ПЭИ), расход которого увеличивали от 0 до 0,075% от а. с. в., после чего проклеивали бумажную массу выбранными исследуемыми проклеивающими веществами (расход ТМ и АКД увеличивали от 0 до 1,0% от а. с. в.).

На первом этапе исследовали влияние наполнителя на обезвоживающую способность наполненной волокнистой суспензии с использованием полиэлектrolитов ПА и ПЭИ.

Скорость обезвоживания бумажной массы определяли по канадской методике на аппарате СР-2 с закрытым центральным отверстием. Сущность методики основана на определении времени, необходимого для отделения заданного количества фильтрата ( $700 \text{ см}^3$ ) при свободном обезвоживании бумажной массы на сетке аппарата Шоппер – Риглера. Концентрация массы при обезвоживании составила 0,3% [9].

Скорость обезвоживания  $V$ ,  $\text{см}^3/\text{с}$ , рассчитывали по формуле

$$V = 700 / t, \quad (1)$$

где  $t$  – время истечения  $700 \text{ см}^3$  фильтрата через слой массы, с.

Для определения содержания взвешенных веществ в подсеточной воде фильтрат в количестве  $700 \text{ см}^3$ , оставшийся после определения скорости обезвоживания, фильтровали, используя колбу Бунзена, воронку Бюхнера, насос и заранее высушенный до постоянной массы и взвешенный фильтр («синяя» лента). Затем фильтр с осадком высушивали в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Содержание взвешенных веществ в подсеточной воде  $B$ ,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ , рассчитывали по формуле

$$B = m / V, \quad (2)$$

где  $m$  – масса высушенного до постоянной массы осадка, мг;  $V$  – объем подсеточной воды, оставшийся после определения скорости обезвоживания, равный  $0,700 \text{ дм}^3$ .

Средний размер частиц наполнителя определяли по стандартной методике путем изучения скорости их осаждения в соответствии с законом Стокса [1]

$$r = K \cdot \sqrt{v}, \quad (3)$$

где  $r$  – средний размер частиц, мкм;  $K$  – коэффициент, равный 0,537;  $v$  – скорость движения частицы, м/с.

Установлено, что размеры частиц полученного наполнителя (0,65–0,82 мкм) значительно меньше, чем у природного (3–5 мкм).

Влияние вида и расхода полиэлектrolита на скорость обезвоживания бумажной массы и содержание взвешенных веществ в подсеточной воде представлены на рис. 1 и 2.

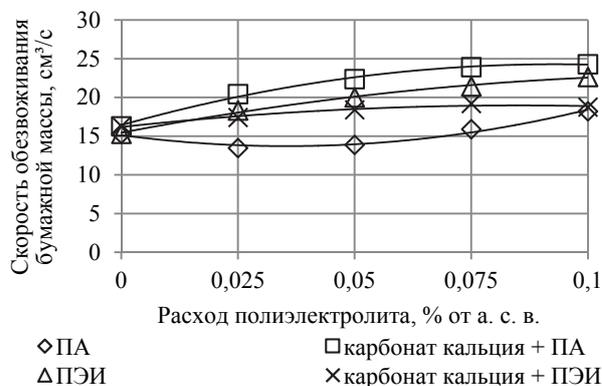


Рис. 1. Влияние вида и расхода полиэлектrolита на скорость обезвоживания бумажной массы

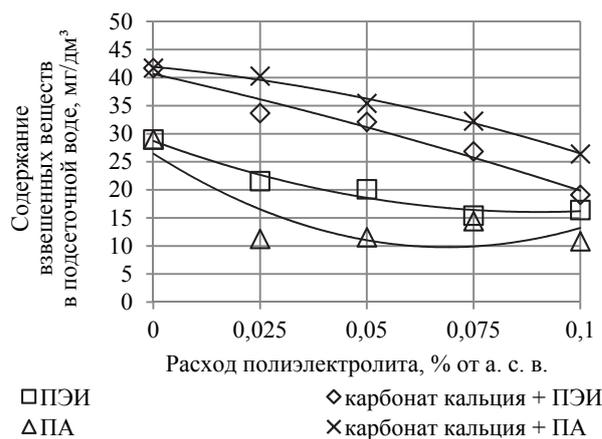


Рис. 2. Влияние вида и расхода полиэлектrolита на содержание взвешенных веществ в подсеточной воде

Сопоставительный анализ графических зависимостей, представленных на рис. 1 и 2, свидетельствуют о том, что использование ПЭИ в композиции с высокодисперсным карбонатом кальция позволяет ускорить процесс обезвоживания бумажной массы по сравнению с использованием ПА. Применение ПЭИ позволяет сократить содержание взвешенных веществ в подсеточной воде на 27,6% по сравнению с использованием ПА.

Использование ПЭИ, по сравнению с ПА, можно считать предпочтительным, когда в композиции бумажной массы используется высокодисперсный карбонат кальция. Поэтому дальнейшие исследования выполнялись с данным полиэлектrolитом.

Важным фактором изготовления бумаги высокого качества является порядок введения в бумажную массу химикатов. Влияние композиционного состава бумажной массы на показатели качества бумаги представлены в таблице.

Из таблицы видно, что с увеличением расхода наполнителя от 5 до 15% от а. с. в. степень удержания его в структуре бумаги изменяется от 93 до 96%. Эти данные свидетельствуют о том, что высокодисперсный наполнитель достаточно хорошо удерживается в структуре бумаги и частично удаляется (4–7%) с подсеточной водой. Использование исследуемого соединения позволяет провести процесс наполнения бумаги в режиме гетероадагуляции, а повышение степени удержания его в структуре бумаги свидетельствует, на наш взгляд, о протекании процесса пенитрации.

Белизна увеличивается от 67 до 76%, а разрывная длина уменьшается с 10 460 до 6040 м. Эти результаты показывают, что высокая степень удержания наполнителя в структуре бумаги снижает прочностные свойства и увеличивает белизну. При этом качество бумаги соответствует регламентируемым значениям.

На втором этапе изучали влияние расхода проклеивающего вещества, вводимого в наполненную бумажную массу, на гидрофобные свойства образцов бумаги.

Влияние вида и расхода проклеивающего вещества на разрывную длину и впитываемость при одностороннем смачивании образцов бумаги представлено на рис. 3 и 4.

Из графических зависимостей, представленных на рис. 3 и 4, видно, что с увеличением расхода проклеивающего вещества от 0 до 1% от а. с. в. наилучшие результаты показало применение проклейки с использованием алкилкетимированной эмульсии АКД с расходом 0,6% от а. с. в., позволяющее снизить впитываемость

при одностороннем смачивании образцов бумаги на 48%, при этом разрывная длина уменьшается незначительно (на 5–11%).

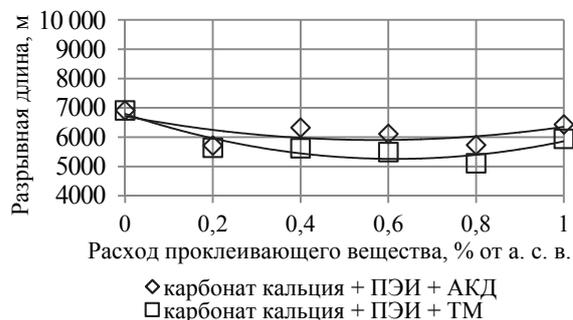


Рис. 3. Влияние вида и расхода проклеивающего вещества на разрывную длину образцов бумаги

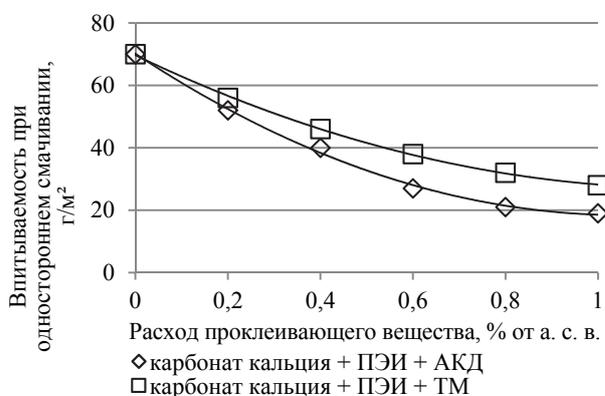


Рис. 4. Влияние вида и расхода проклеивающего вещества на впитываемость при одностороннем смачивании образцов бумаги

Анализ полученных данных показывает, что для достижения сопоставимых значений разрывной длины (5500–6000 м) необходимо вводить в наполненную бумажную массу проклеивающее вещество АКД (расход 0,5% от а. с. в.) или ТМ (расход 0,8% от а. с. в.).

#### Качество образцов бумаги в зависимости от последовательности введения химикатов в волокнистую суспензию

Последовательность введения химикатов в волокнистую суспензию	Расход наполнителя, % от а. с. в.	Показатели		
		степень удержания наполнителя, %	разрывная длина, м	белизна, %
Без использования химикатов	–	–	10 460	66,53
Получение высокодисперсного наполнителя: CaCl <sub>2</sub> +Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5	99,89	9000	66,43
	10	99,73	8750	68,57
	15	92,77	6380	72,27
1 этап. Получение высокодисперсного наполнителя: CaCl <sub>2</sub> +Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ; 2 этап. Введение ПЭИ (расход 0,075% от а. с. в.)	5	96,14	8080	67,87
	10	94,13	6910	73,57
	15	93,94	6040	75,57
1 этап. Введение ПЭИ (расход 0,075% от а. с. в.); 2 этап. Получение высокодисперсного наполнителя: CaCl <sub>2</sub> +Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5	95,54	6260	70,24
	10	93,64	6020	74,13
	15	91,81	5700	73,37

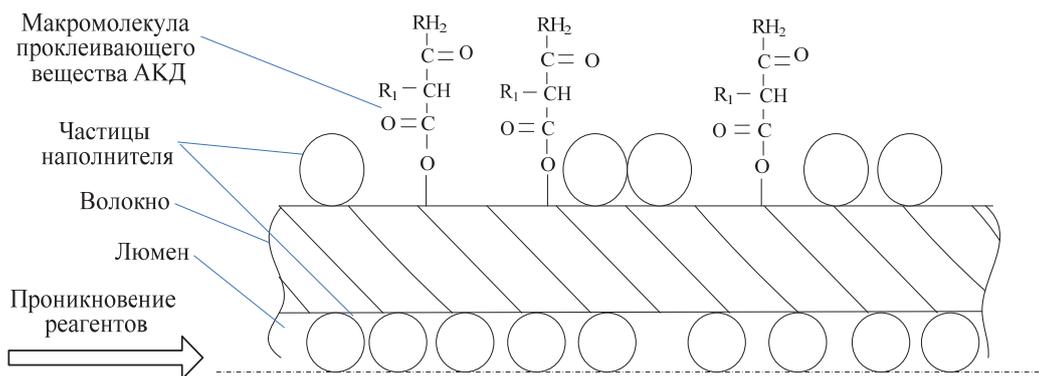


Рис. 5. Схематическое изображение процесса проклейки наполненной бумажной массы при pH 8,1

В обоих случаях обеспечивается высокая гидрофобность образцов бумаги, о чем свидетельствует впитываемость при одностороннем смачивании, не превышающая 30 г/м<sup>2</sup>.

Следует отметить, что образцы бумаги обладают требуемыми свойствами при проклейке наполненной бумажной массы проклеивающими веществами АКД при pH 8,1 и ТМ при pH 6,2. Однако расход проклеивающего вещества АКД меньше, чем расход ТМ на 35%, что имеет важное практическое значение.

На рис. 5 схематически изображен процесс проклейки алкилкетендимеровой эмульсией АКД наполненной бумажной массы высокодисперсным карбонатом кальция.

Из рис. 5 видно, что процесс наполнения бумажной массы осуществляется в режиме гетероадагуляции. Об этом свидетельствует высокая степень удержания наполнителя в структуре бумаги, достигающая 94,13%. Одновременно с гетероадагуляцией происходит пенитрация, что позволяет освободить часть поверхности целлюлозных волокон для осуществления проклейки, о чем свидетельствует снижение впитываемости бумаги с увеличением расхода проклеивающего вещества.

Анализ представленных данных свидетельствует о том, что высокодисперсные наполнители положительно влияют на белизну и разрывную длину бумаги. Достижимый эффект объясняется смещением процесса наполнения из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции, а протекание процесса пенитрации повышает возможность экономии дефицитного первичного волокнистого сырья (целлюлозы).

**Заключение.** К особенностям проклейки наполненной бумажной массы относятся: последовательность введения химикатов в волокнистую суспензию, их расходные нормы и pH полученной бумажной массы. Предпочтительным является следующий порядок введения химикатов: сначала необходимо дозировать 10%-ные растворы хлорида кальция и карбоната натрия для

получения частиц дисперсной фазы наполнителя размером 0,65–0,82 мкм (расход 10% от а. с. в.), полиэлектролит ПЭИ (расход 10% от а. с. в.) и проклеивающее вещество АКД (расход 0,5% от а. с. в.). Полученная бумажная масса имеет pH 8,1. Изготовленные из полученной бумажной массы образцы обладают следующими свойствами: разрывная длина 6910 м, белизна 73,57%. При этом степень удержания наполнителя в структуре бумаги составляет 94,13%.

#### Литература

1. Технология целлюлозно-бумажного производства: в 3 т. / редкол.: П. Осипов (гл. ред.) [и др.]. СПб: Политехника, 2002–2006. – Т. 2: Производство бумаги и картона. Ч. 2: Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит / М. Остреров [и др.]. 2006. 499 с.
2. Иванов С. Н. Технология бумаги. Минск: Лесная промышленность, 1970. 696 с.
3. Фляте Д. М. Свойства бумаги. М.: Лесная промышленность, 1988. 440 с.
4. Использование наполнителей в технологии газетной бумаги / А. А. Пенкин [и др.] // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия и технология орган. в-в и биотехнология. 2010. Вып. XVIII. С. 216–219.
5. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1976. 512 с.
6. Поверхностные явления и дисперсные системы: лабораторный практикум для студентов химико-технологических специальностей / А. А. Шершавина [и др.]. Минск: БГТУ, 2005. 106 с.
7. Свойства бумаги в зависимости от расхода синтетического наполнителя / Т. О. Щербакова [и др.] // Труды БГТУ. 2013. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 173–175.
8. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы; учеб. для вузов. М.: Химия, 1988. 464 с.
9. Крупин В. И., Блинова И. С. Взаимодействие катионного крахмала с бумажной массой // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2005. № 4. С. 62–65.

Поступила 25.02.2014