

## Модифицированные карбаминоформальдегидные олигомеры для повышения показателей качества бумаги и картона из вторичного волокна

Николайчик Ирина Владимировна, кандидат технических наук, ассистент  
Гордейко Светлана Александровна, кандидат технических наук, старший преподаватель  
Белорусский государственный технологический университет, (Республика Беларусь, г. Минск)

Применение в целлюлозно-бумажной промышленности карбаминоформальдегидных олигомеров (КФО) известно давно [1]. Главной их задачей является придание бумаге и картону требуемой прочности. Важными преимуществами данных олигомеров по сравнению с другими синтетическими соединениями является высокая скорость отверждения, низкая вязкость при высокой концентрации, стабильность при хранении, бесцветность, невысокая стоимость и богатая сырьевая база. Однако известные КФО характеризуются ограниченной растворимостью в воде [2], а также присущей им токсичностью. Устранить указанные недостатки возможно, на наш взгляд, путем осуществления модификации КФО в процессе их синтеза. При выборе модифицирующего вещества необходимо учитывать следующие важные факторы: а) наличие функциональных групп, способных участвовать в химических реакциях с компонентами, формирующие структуру КФО; б) растворимость в воде; в) нетоксичность; г) достаточная сырьевая база. Вышеуказанным требованиям удовлетворяет лактам  $\epsilon$ -аминокапроновой кислоты ( $\epsilon$ -капролактам). Кроме того, он является неканцерогенным веществом, что имеет важное практическое значение [3].

Эффективность применения модифицированных  $\epsilon$ -капролактамом КФО существенно зависит от присутствия в композиции бумажных масс функциональных и процессных химикатов, обеспечивающих эффективность процесса формования бумажного полотна и придание бумаге и картону требуемого комплекса свойств. Наиболее широко применяемыми в настоящее время являются системы реагентов для нейтральной проклейки, включающие использование проклеивающего вещества реактивного типа на основе димеров алкилкетенов в сочетании с катионным крахмалом. В случае использования в качестве сырья макулатуры, по причине значительного содержания в бумажных массах на ее основе анионных загрязнений, проклеивающее вещество на основе алкилкетен димеров (АКД) может также использоваться в сочетании с сульфатом алюминия или полиоксихлоридом алюминия. Поэтому представляет интерес оценить возможность применения исследуемых модифицированных КФО для повышения физико-механических свойств бумаги и картона в присутствии указанных выше систем реагентов.

Разработана методика и осуществлен синтез КФО, который состоял из четырех последовательных стадий: образование метилольных производных карбамида; поликонденсация метилольных производных карбамида; доконденсация смолы; модификация смолы. Мольное соотношение «карбамид : формальдегид» было постоянным и составляло 1,0 : 2,0. Массовое соотношение «карбамид :  $\epsilon$ -капролактам» составило 1,0 : 0,5. Немодифицированные КФО получали аналогичным образом, отличие составляло в отсутствии последней стадии. Состав и свойства полученных олигомеров представлены в таблице 1.

Таблица 1. Состав и свойства, синтезированных КФО

Наименование показателя	КФО	
	Модифицированный	Немодифицированный
Мольное соотношение «карбамид : формальдегид»	1,0 : 2,0	
Массовое соотношение «карбамид : $\epsilon$ -капролактам»	1,0 : 0,5	1,0 : 0,0
Содержание сухих веществ, %	56,5	57,2
Коэффициент рефракции	1,4455	1,4530
рН	8,1	7,8
Вязкость по ВЗ-4, с	21	34
Содержание свободного формальдегида, %	0,43	1,30
Смешиваемость КФО с водой при (20±1)°С в соотношении по объему	1 : 500	1 : 30

Полученные КФО, как видно из таблицы, содержали сухих веществ в количестве 57±1% и имели вязкость по ВЗ-4 21–34 с, и слабощелочную среду (рН 7,8–8,1), коэффициент рефракции составлял 1,4455–1,4530. Введение модифицирующего вещества в

структуру КФО позволило снизить содержание свободного формальдегида более чем в 3 раза и повысить их растворимость в воде.

Для изготовления образцов бумаги были получены бумажные массы, представляющие собой дисперсные системы (ДС), содержащие следующие системы функциональных и процессных реагентов:

– ДС № 1: макулатура (100%) + АКД (Hydrores 225УР) (0,16% от а.с.в.) + модифицированный КФО (0–2,0% от а.с.в.);

– ДС № 2: макулатура (100%) + катионный крахмал (Hi-Cat С 323А) (0,8% от а.с.в.) + АКД (Hydrores 225УР) (0,16% от а.с.в.) + модифицированный КФО (0–2,0% от а.с.в.);

– ДС № 3: макулатура (100%) + АКД (Hydrores 225УР) (0,16% от а.с.в.) + модифицированный КФО (0–2,0% от а.с.в.) + полиоксихлорид алюминия Mareclean 110 (0,1% от а.с.в.);

– ДС № 4: макулатура (100%) + АКД (Hydrores 225УР) (0,16% от а.с.в.) + модифицированный КФО (0–2,0% от а.с.в.) + сульфат алюминия (3,0% от а.с.в.).

Сопоставительный анализ полученных результатов по показателям качества образцов бумаги позволяет оценить эффективность упрочняющего действия модифицированного КФО при использовании в композиции бумажной массы в сочетании с различными химическими вспомогательными веществами.

Полученные результаты показали, что наибольшие значения разрушающего усилия образцов бумаги достигаются при изготовлении их с использованием ДС № 2 и ДС № 4. При увеличении содержания КФО в композиции указанных ДС в количестве от 0,5 до 2,0% от а.с.в. разрушающее усилие образцов возрастает от 73,3 до 78,4 Н и 66,3 до 75,2 Н соответственно.

В то же время поглощение энергии при разрыве исследуемых образцов бумаги возрастает в диапазоне расходов КФО от 0,5 до 1,0% от а.с.в. и составляет 68,1 и 79,0 Дж/м<sup>2</sup> для дисперсных систем ДС 2 и ДС № 3 соответственно.

Важное значение при разработке технологического режима применения новых модифицированных КФО имеет комплексная оценка их влияния с целью обеспечения также требуемых гидрофобных свойств и влагопрочности выпускаемой продукции. Сравнительная оценка влияния содержания модифицированного КФО в дисперсных системах на впитываемость при одностороннем смачивании образцов бумаги, изготовленных на их основе, представлена на рисунке 1.

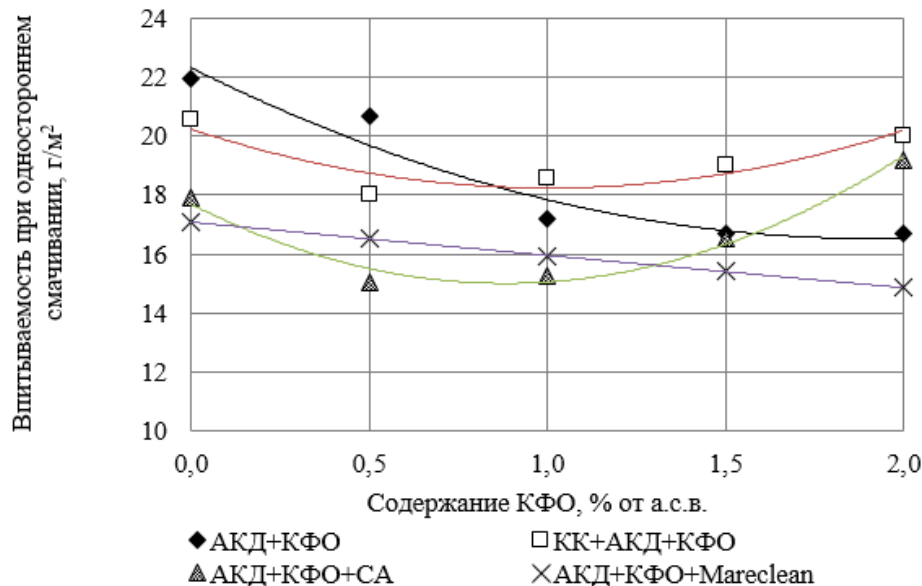


Рис. 1. Влияние модифицированного КФО на изменение впитываемости при одностороннем смачивании образцов бумаги, изготовленных из ДС с применением различных систем реагентов

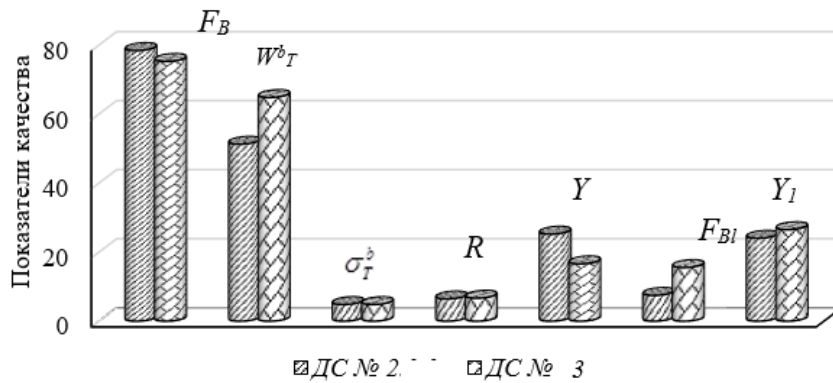
Улучшению гидрофобных свойств способствует присутствие в ДС КФО (ДС № 1), а также КФО в сочетании с сульфатом алюминия (ДС № 3) и полиоксихлоридом алюминия (ДС № 4). В присутствии катионного крахмала (ДС № 2) впитываемость при одностороннем смачивании исследуемых образцов изменяется незначительно во всем исследуемом диапазоне расходов КФО от 0 до 2,0% от а.с.в. и составляет 18,0–20,5 г/м<sup>2</sup>.

Установлено положительное влияние на прочностные и гидрофобные свойства бумаги и картона, изготовленных из ДС № 2 и № 3. Поэтому представлял интерес сопоставить эти две дисперсные системы, анализ которых представлен на рисунке 2.

Согласно рисунку 2 поглощение энергии при разрыве, впитываемость при одностороннем смачивании, разрушающее усилие во влажном состоянии и

влагопрочность достигают лучших значений для образцов бумаги, изготовленных из ДС № 3, а разрушающее усилие в сухом состоянии – для образцов бумаги, изготовленных из ДС № 2. При этом сопротивление разрыва и разрывная длина образцов бумаги, изготовленные из вышеуказанных ДС, имеют сопоставимые значения.

Таким образом, результаты показали возможность использования двух композиций ДС, включающих модифицированный КФО для производства бумаги и картона с повышенными прочностными, гидрофобными и влагопрочными свойствами. Первая композиция содержала катионный крахмал (Hi-Cat С 323 А) (0,8% от а.с.в.), АКД (Hydrores 225УР) (0,16% от а.с.в.), модифицированный КФО (0,5% от а.с.в.), вторая композиция – АКД (Hydrores 225УР) (0,16% от а.с.в.), модифицированный КФО (1,5% от а.с.в.), сульфат алюминия (3,0% от а.с.в.).



$F_B$  – разрушающее усилие в сухом состоянии, Н;  $W_T^b$  – поглощение энергии при разрыве, Дж/м<sup>2</sup>;  $\sigma_T^b$  – сопротивление разрыву, кН/м;  $R$  – разрывная длина, км;  $Y$  – впитываемость при одностороннем смачивании, г/м<sup>2</sup>;  $F_{B1}$  – разрушающее усилие во влажном состоянии, Н;  $Y_1$  – влагопрочность, %

**Рис. 2. Сопоставительный анализ показателей качества образцов бумаги, изготовленных из ДС № 2 и № 3**

**Литература:**

1. Фляте Д. М. Свойства бумаги. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 648 с.
2. Ковернинский И. Н. Влияние растворения в воде на свойства карбамидных олигомеров / Химия древесины, 1990. – С. 91–96.
3. Жолнерович Н.В., Николайчик Н.В., Черная Н.В. Влияние состава карбамидоформальдегидных олигомеров на свойства технических видов бумаги / Труды БГТУ. № 4 (168), Химия, технология орган. в-в и биотехнология, 2014. – С. 137–139.