

С учетом вышеизложенного экономико-математическую модель можно представить в следующем наиболее общем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ЭЭДП} \rightarrow \max \\ B \leq D \\ O\Phi_{t+1} = O\Phi_t (1 - \alpha_1) + \alpha_2 \text{ДС} \\ O\text{бК}_{t+1} = O\text{бК}_t + \Delta\text{СК} \end{array} \right.$$

Применение представленной оптимизационной модели позволит предприятию ретроспективно оценить результаты своей эколого-экономической деятельности, определить основные направления повышения эффективности его функционирования, сформировать стратегию развития с учетом способов государственного регулирования природопользования. Кроме того, модель позволяет осуществлять сравнение эффективности эколого-экономической деятельности различных предприятий.

УДК 676.024.5

Н. В. Черная, канд. техн. наук, доц.,

А. И. Ламоткин, канд. хим. наук, доц.

Ж. В. Бондаренко, канд. техн. наук, ст. преп. (БГТУ, г. Минск)

### **АНАЛИЗ РАЗРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ БУМАЖНЫХ И КАРТОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Производство массовых и специальных клееных видов бумаги и картона на ведущих отечественных и зарубежных предприятиях основано на использовании проклеивающих материалов на канифольной основе и коагулянта (сернокислого алюминия). Традиционная технология придания производимой продукции гидрофобных свойств базируется на осуществлении процесса канифольной проклейки в кислой среде (рН 4,8–5,2) с использованием различных продуктов модификации талловой и живичной канифолей с повышенным содержанием в них нейтрализованных смоляных кислот. Однако присутствие в химико-технологической системе избыточного количества коагулянта, необходимого для создания кислой среды, приводит к повышенному содержанию сульфат-ионов как в структуре бумаги и картона, так и в оборотных и сточных водах. Кроме того, использование макулатурного сырья, обладающего неоднородным фракционным составом и нестабильными бумагообразующими свойствами, приводит к дестаби-

лизации качества бумаги и картона и повышенному содержанию взвешенных веществ в оборотных и сточных водах. Все это снижает экологичность бумажных и картонных предприятий.

К перспективным способам решения экологических проблем, возникающих при производстве клееных видов бумаги и картона, относится перевод процесса канифольной проклейки из кислой среды в нейтральную (рН 6,5–7,2). С одной стороны, это достигается заменой традиционных проклеивающих канифольных материалов (ПКМ), содержащих нейтрализованные смоляные кислоты, на высокосмоляные продукты модификации канифоли (ВПМК). С другой стороны, для осуществления процесса электролитной коагуляции ВПМК требуется в 2,0–4,0 раза меньше коагулянта, чем для ПКМ. Следствием этого является снижение содержания сульфат-ионов в структуре бумаги и картона, что увеличивает их прочность и долговечность, и в оборотных и сточных водах предприятия, что повышает их экологичность. При этом разработанная технология клееных видов бумаги и картона в нейтральной среде способствует снижению содержания взвешенных веществ в рециркулируемых потоках и сточной воде, что снижает отрицательное воздействие на окружающую среду.

На кафедре химической переработки древесины БГТУ интенсивно развивается направление по разработке технологии получения высокоэффективных ВПМК и применения их для проклейки бумаги и картона в нейтральной среде [1] с целью повышения качества продукции, снижения ее себестоимости и решения экологических проблем, возникающих на бумажных и картонных предприятиях.

К перспективным ВПМК относятся клеевые канифольные композиции ТМВС-2Н [2] и ТМАС-3Н [3], разработанные в БГТУ и отличающиеся способами модификации смоляных кислот талловой канифоли. Проведенные результаты исследований и промышленные испытания показали, что применение этих ВПМК для проклейки бумаги и картона в нейтральной среде позволяет повысить гидрофобность и прочность производимой продукции за счет максимального смещения процесса канифольной проклейки из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции [1, 4] при одновременном снижении удельных расходных норм как проклеиваемого материала, так и коагулянта.

Разработанная технология канифольной проклейки бумаги и картона в нейтральной среде апробирована на четырех ведущих предприятиях Республики Беларусь, к числу которых относятся ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» (г. Шклов), ОАО «Добрушская бумажная фабрика «Герой Труда» (г. Добруш), УП «Бумажная фабрика» Гозна-

ка (г. Борисов) и ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин» (г. Слоним), а также на ОАО «Киевский картонно-бумажный комбинат» (Украина). На указанных предприятиях по разработанной технологии произведено более 3000 т бумажной и картонной продукции, отличающейся композиционным составом по волокну, удельными расходными нормами ВПМК и коагулянта.

Так, на ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» выпущено 330 т бумаги и картона, в том числе 20 т бумаги-основы для изготовления кашированных обоев, 260 т картона для промышленных нужд и 50 т гофрированного картона. Для производства бумаги для изготовления кашированных обоев использована макулатура белая марок МС-1А, МС-2А и МС-8Б, а при производстве картона для промышленных нужд – макулатура сборная марок МС-5Б, МС-6Б и МС-13В. Проклейка волокнистой суспензии осуществлялась в нейтральной среде (рН 6,5–7,2).

Установлено, что разработанная технология канифольной проклейки бумаги и картона в нейтральной среде в режиме гетероадагляции повышает экологичность предприятия, с одной стороны, за счет снижения сульфат-ионов в оборотных и сточных водах от 1350–1630 до 230–420 мг/л, а, с другой стороны, за счет уменьшения содержания взвешенных веществ в регистровой воде от 1220–1300 до 760–880 мг/л. Кроме того, повышена стабильность гидрофобных и прочностных свойств готовой продукции, снижена коррозия оборудования, уменьшено пенообразование в подсеточной ванне бумаго- и картоноделательной машин и в рециркулируемых потоках.

Аналогичные положительные результаты промышленных испытаний получены при производстве широкого ассортимента бумажной и картонной продукции, вырабатываемого на других вышеуказанных предприятиях, в том числе при выпуске бумаги упаковочной марки В, пачечной марок Б и В, обойной, писчей, чертежной, бумаги-основы для клеевой ленты, обложечной тетрадной, офисной, а также картона полиграфического, для спичечных коробок марки СН, для потребительской тары и макулатурного марок СН, ТС, ТП, НВП и КВС.

Таким образом, сопоставительный анализ результатов промышленных испытаний, проведенных на ведущих бумажных и картонных предприятиях Республики Беларусь и Украины, свидетельствует о повышении экологичности предприятий за счет снижения содержания сульфат-ионов и взвешенных веществ в 3,9–6,0 и 1,5–2,0 раза соответственно. Установлено, что замена процесса канифольной проклейки в кислой среде при рН 4,8–5,2 (существующая технология) на нейтральную среду при рН 6,5–7,2 (разработанная технология) при одно-

временном смещении этого процесса из режима гемокоагуляции в режим гетероадагуляции позволяет уменьшить удельные расходные нормы проклеивающего материала и коагулянта и повысить качество производимой продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черная Н. В., Ламоткин А. И. Проклейка бумаги и картона в кислой и нейтральной средах : монография. – Мн. : БГТУ, 2003. – 345 с.
2. Патент № 2820 РБ. Способ получения клеевой композиции для проклейки бумаги и картона / Ламоткин А. И., Комаров А. А., Черная Н. В. и др. Заявл. 22.08.1997. Опубл. 31.12.1998.
3. Пол. решение на заявку № а 20040608 от 14.09.2006. Способ получения канифольного модифицированного продукта для проклейки бумаги и картона в нейтральной среде // Ламоткин А. И., Чернышева Т. В., Флейшер В. Л., Черная Н. В., Бондаренко Ж. В., Жолнерович Н. В.
4. Патент № 2816 РБ. Бумажная масса / Ламоткин А. И., Черная Н. В., Комаров А. А., Колесников В. Л. Заявл. 22.08.1997. Опубл. 21.12.1998.

УДК 674.338

М. О. Шевчук, асп., Е. П. Шишаков, канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

#### **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ГОМЕЛЬСКОГО ФАНЕРНО-СПИЧЕЧНОГО КОМБИНАТА В ГИДРОЛИЗНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

В настоящий момент Республика Беларусь имеет хорошо развитую деревообрабатывающую промышленность, отходами которой являются опилки, щепы, стружка, горбыль. На Гомельском фанерно-спичечном комбинате (Гомельском ФСК) не находят применения отходы окорки чураков, образующиеся в количестве 14000 т в год. Данный вид отходов может быть использован в качестве сырья РУП Речицкий опытно-промышленный гидролизный завод (Речицкий ОПГЗ), производящим фурфурол из растительного пентозансодержащего сырья.

Необходимо отметить, что данный вид сырья является неоднородным по химическому и фракционному составу, содержит значительное количество коры (13-18%). Особенностью этого сырья является то, что линейный размер частиц по направлению капилляров многократно превосходит два других линейных размера: толщина составляет 1-2 мм, ширина колеблется от 3 до 60 мм, длина находится в