УДК 676.2:012.24.038

ОСОБЕННОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ ВРП-3 В КОМПОЗИЦИИ МНОГОСЛОЙНОГО МАКУЛАТУРНОГО КАРТОНА

А. В. КОСТЮКЕВИЧ*, Н. В. ЧЕРНАЯ, Н. В ЖОЛНЕРОВИЧ, А. А. ДРАПЕЗА

УО «Белорусский государственный технологический университет», ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь.

Исследовано влияние процессного химиката на основе органического синтетического полимера на процесс изготовления картона из 100% макулатурного сырья. Установлено, что синтетический водорастворимый полимер ВРП-3, являясь процессной химической добавкой с M_r до $5 \cdot 10^4$ и α около 50 мол. %, действует скорее как фиксатор загрязнений, чем как флокулянт.

Введение

Стремительное развитие целлюлозно-бумажной промышленности за последние десять лет коренным образом изменило требования как к вырабатываемой продукции, так и к технологическим режимам предприятий Республики Беларусь.

Для выпуска конкурентоспособной продукции современные предприятия должны обладать способностью оперативного перестроения технологического процесса с целью получения продукции с требуемыми для потребителей показателями качества. При этом наиболее важным моментом является способность предприятия выпускать широкий ассортимент бумажной и картонной продукции без необходимости замены дорогостоящего оборудования. Необходимым условием для производства продукции с невысокой себестоимостью является снижение доли первичного волокна в ее композиции. Следует отметить, что для многих предприятий нашей республики, и в том числе ОАО «Пуховичская картонная фабрика», перерабатывающих макулатурное сырье, актуальными остаются технико-экономические и экологические проблемы [1, 2].

Принимая во внимание вышеперечисленные обстоятельства, наиболее целесообразным для предприятий нашей республики становится применение в производстве помимо функциональных химикатов (проклеивающие реагенты, минеральные наполнители, электролиты, компоненты для мелования, красители, оптические отбеливатели и упрочняющие добавки) процессных химикатов (химические продукты для фиксации и удержания, обезвоживания и формования, деаэраторы и пеногасители, а также биоциды и химикаты для промывки сукон и сеток машины) [3].

Процессные химикаты позволяют фиксировать компоненты бумажной массы, а также способствуют их удержанию в формирующемся полотне бумаги или картона. Применение процессных химикатов способно повысить скорость обезвоживания волокнистой суспензии, улучшить формование полотна бумаги (картона) и повысить прочностные характеристики готовой продукции [4, 5]. Кроме того, химические добавки данного класса способны влиять на производительность бумагоделательных и картоноделательных машин [6, 7].

Особый интерес представляют процессные химикаты на основе органических синтетических полимеров. Такие полимеры в зависимости от методов их получения могут иметь молекулярную массу в пределах от $1 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^7$ [8]. Высокая реакционная способность данного класса соединений, представителем которого являетя водорастворимый полимер ВРП-3 (имеет молекулярную массу около $5 \cdot 10^4$ и содержит 50% ионогенных звеньев), и возможность управления процессом сополимеризации позволяют получать полимеры [9–12], отличающиеся строением, свойствами и областью применения (рис. 1). На рис. 1 представлены возможные области применения процессных химикатов на основе органических синтетических полимеров в зависимости от содержания ионогенных звеньев (α) и молекулярной массы (M_r).

* Автор, с которым следует вести переписку.

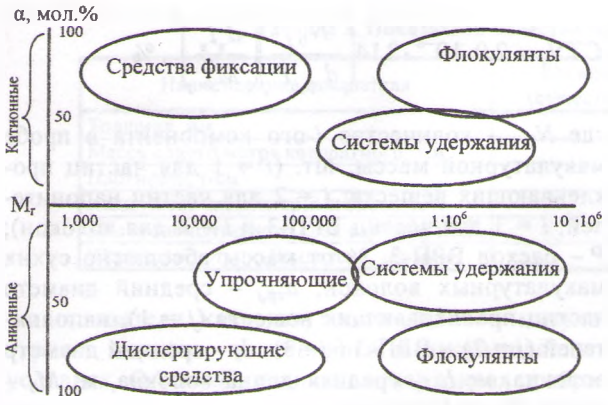

Рис. 1. Области применения процессных химикатов в зависимости от их молекулярной массы M_r и содержания ионогенных звеньев α

Цель работы – изучение влияния процессного химиката на основе синтетического водорастворимого полимера ВРП-3 на свойства многослойного макулатурного картона в производственных условиях ОАО «Пуховичская картонная фабрика».

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования был выбран многослойный макулатурный картон, вырабатываемый на папмашинах ОАО «Пуховичская картонная фабрика».

Предварительно проведенные лабораторные исследования показали целесообразность применения в композиции макулатурной массы синтетического водорастворимого полимера ВРП-3, изготовленного на основе продукта щелочного гидролиза полиакрилонитрильного волокна в водной среде, нейтрализованного уксусной кислотой с добавками канифольного клея. Данный полимер в настоящее время производится в ОАО «Лесохимик» по ТУ РБ 00280198.024–99 (табл. 1).

Таблица 1. **Свойства ВРП-3 (товарный продукт)**

Наименование показателя	Значение показателя (ТУ РБ 00280198.024–99)
Внешний вид	Вязкая жидкость от светло-бежевого до темно-серого цвета
Массовая доля сухого вещества, %	35–50
Плотность раствора при 200 °С, г/см^3	1,20–1,30
Показатель концентрации ионов водорода (pH)	6–8
Условная вязкость товарного продукта, *с*, не менее	1100

Разработанные нами практические рекомендации применительно к ОАО «Пуховичская картонная фабрика» позволили использовать исследуемую процессную добавку при производстве картона для жестких книжных переплетов (ТУ РБ 05765765.001–97) и картона многослойного для отдельных деталей мебели (ТУ РБ 600124904.007–2006). Оба вида продукции изготавливались из макулатуры марок МС 2А, 7Б, 4А (ГОСТ 10700–97).

Промышленные испытания проводили в два этапа.

На первом этапе работы по стандартным методикам [11, 12] были изучены состав и свойства бумажной массы, а также компонентный состав оборотной воды, отобранной с правой и левой частей папмашины № 2, а также из общего коллектора оборотных вод.

Проведенный компонентный анализ макулатурной массы позволил установить присутствие в ней загрязнений различного характера, возможные источники происхождения которых представлены в табл. 2.

Таблица 2. **Виды загрязнений в макулатурной массе и их возможные источники**

Вид загрязнений	Происхождение
Анионные загрязнения	Растворенные или коллоидно-дисперсные анионные олигомеры или полимеры и неионные гидрозоли
Клейкие вещества	Клейкие включения из макулатуры
Белая смола	Пластические наполнители из меловальных паст (стерин бутадиен акрилат)
Смола	Природные смолы из целлюлозы или древесной массы
Коацерваты (соли растворов полимеров с повышенной концентрацией)	Осадки образующиеся в результате нежелательного взаимодействия катионных и анионных полимеров
Перефлокуляционные частицы	Передозировка катионных добавок

Исследование оборотной воды предприятия показало, что для нее характерно повышенное содержание как взвешенных, так и растворенных веществ различной природы.

На втором этапе были разработаны способы введения исследуемого процессного химиката ВРП-3 в композицию макулатурной массы, из которой производится многослойный макулатурный картон на ОАО «Пуховичская картонная фабрика».

Поскольку товарный продукт ВРП-3 содержал 39,8% сухих веществ и находился в вязкотекучем состоянии, то для управления процессом введения его в макулатурную массу необходимо было снижать концентрацию товарного продукта путем разбавления водой. В промышленных условиях нами были реализованы два способа:

первый способ – в специальную емкость (объем 1,28 м^3), установленную рядом с гидроразбивателем ГРВМ-03, дозировали расчетное количество воды (1000 кг) и товарного продукта ВРП-3 (75,8 кг); после тщательного перемешивания полученная эмульсия имела рабочую концентрацию 3%;

второй способ – в емкость (0,06 м^3), содержащую 30 кг товарного продукта ВРП-3 (12 кг сухих веществ), добавляли 0,03 м^3 воды; после тщательного перемешиванию полученная эмульсия имела рабочую концентрацию 19,9%.

Эмульсия вспомогательной химической добавки ВРП-3 с рабочей концентрацией 3% (первый способ) и 19,9% (второй способ) являлась однородной, агрегативно устойчивой и имела pH 6,8–7,2. Это обеспечивало стабильность введения ее в макулатурную массу на стадии роспуска макулатурного сырья в гидроразбивателе ГРВМ-03.

Расход эмульсии ВРП-3 составлял 0,25% по отношению к массе абсолютно сухих макулатурных волокон, находящихся в гидроразбивателе ГРВМ-03.

Введение рабочей эмульсии ВРП-3 в гидроразбиватель ГРВМ-03 осуществляли следующим образом. В ванну гидроразбивателя, заполненную водой (3–5 м^3), при включенном перемешивающем устройстве добавляли расчетное количество рабочей эмульсии ВРП-3. После непродолжительного перемешивания (1–2 мин) в гидроразбиватель загружали требуемое количество макулатурного сырья (200 кг) и проводили процесс его роспуска до получения однородной макулатурной массы, о чем свидетельствовало отсутствие в ней пучков и сгустков волокон. Затем распущенная макулатурная масса подвергалась обработке в размалывающем оборудовании.

В процессе изготовления опытно-промышленной партии многослойного макулатурного картона с использованием ВРП-3 были изучены состав и свойства бумажной массы и компонентный состав оборотной воды с правой и левой частей папмашины № 2, а также из общего коллектора оборотных вод.

При этом степень удержания присутствующих компонентов (СТУ$_i$, %) бумажной массы (ВРП-3, волокна, частицы проклеивающих веществ и наполнителей) в структуре элементарных слоев многослойного макулатурного картона рассчитывали по формуле [13]

$$\text{СТУ}_i = 2{,}0 \cdot 10^{-8} \cdot 3{,}14 \left(\frac{N_{0,i}}{d_{\text{ср},j} P} \right) \left(\frac{d_в l_в}{M_0^2} \right)^2, \%,$$

где $N_{0,i}$ – количество i-ого компонента в пробе макулатурной массы, шт. (i = 1 для частиц проклеивающих веществ; i = 2 для частиц напонителей; i = 3 для частиц ВРП-3 и i = 4 для волокон); P – расход ВРП-3, % от массы абсолютно сухих макулатурных волокон; $d_{\text{ср},j}$ – средний диаметр частиц проклеивающих веществ (j = 1), наполнителей (j = 2) и ВРП-3 (j = 3); $d_в$ – средний диаметр волокна, м; $l_в$ – средняя длина волокна, м; M_0 – масса образца картона, кг/м^2.

Значения $N_{0,i}$ определяли микроскопическим методом при помощи микроскопа «Биолам-2».

Результаты исследований и их обсуждение

Микроскопический анализ макулатурной массы, проведенный при помощи микроскопа «Биолам-2» путем окрашивания волокон различной природы в разные цвета (ГОСТ 7500–75), показал, что при роспуске макулатурного сырья в гидроразбивателе ГРВМ-03 в присутствии процессной химической добавки ВРП-3 произошло ускорение процесса набухания волокон, т.к. их толщина повысилась от 20 до 28 мкм. Это способствовало увеличению количества гидроксильных групп на поверхности макулатурных волокон после прохождения их через размалывающее оборудование и, как следствие, привело к увеличению прочностных показателей качества многослойного картона.

На рис. 2 представлены диаграммы, отражающие влияние процессной химической добавки ВРП-3 на СТУ$_i$, компонентов бумажной массы (рис. 2, *а*) и содержание взвешенных веществ в подсеточной воде (рис. 2, *б*), а в табл. 3 приведе-

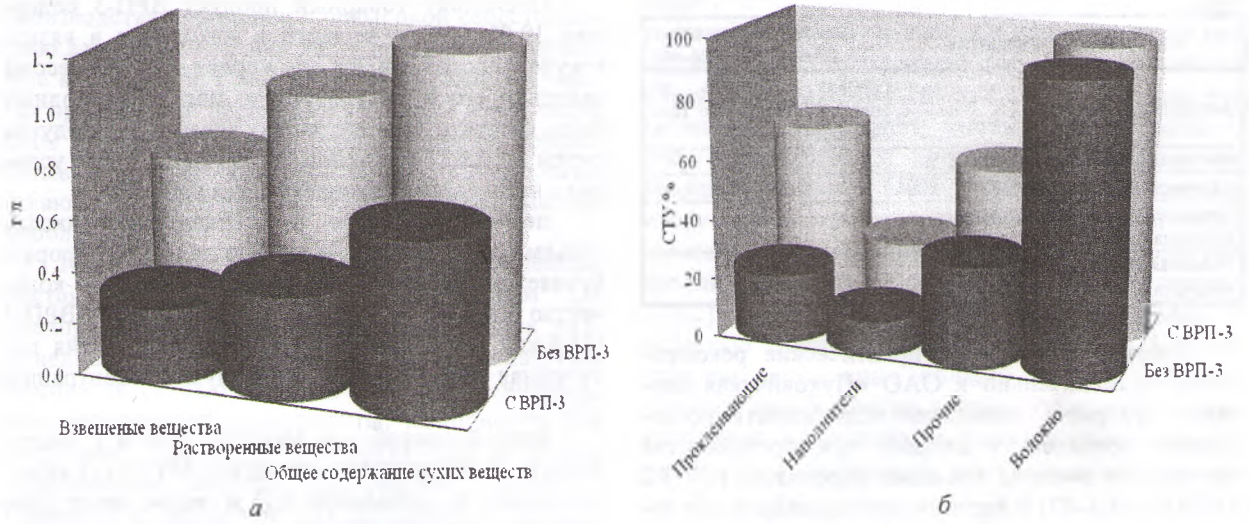

Рис. 2. Влияние ВРП-3 на СТУ$_i$ компонентов бумажной массы (*а*) и содержание взвешенных веществ в подсеточной воде (*б*)

Таблица 3. **Показатели качества многослойного макулатурного картона**

Наименование показателя	Без использования ВРП-3 (существующая технология)	С использованием ВРП-3 (разработанная технология)
Толщина, мм	1,991	1,862
Масса одного метра квадратного, г/м^2	1551,6	1524,3
Плотность, г/см^3	0,778	0,781
Количество элементарных слоев, шт.	16	16
Масса элементарного слоя картона, г/м^2	96,9	95,2
Шероховатость по Бендстену, мл/мин	5871	5248

ны показатели качества многослойного макулатурного картона, полученного в промышленных условиях ОАО «Пуховичская картонная фабрика».

Данные рис. 2 указывают на то, что введение процессной химической добавки ВРП-3 в композицию многослойного макулатурного картона привело к увеличению СТУ$_f$ проклеивающих веществ от 22 до 64% отн., наполнителей и прочих неволокнистых компонентов макулатурной массы – от 11 до 26 и от 33 до 55% отн. соответственно. При этом степень удержания волокна увеличилась от 93 до 95%, что имеет важное практическое значение и не противоречит литературным данным [11, 12]. По нашему мнению, ВРП-3, являясь процессной химической добавкой с M_r до $5 \cdot 10^4$ и α около 50 мол. %, проявляет прежде всего роль «фиксатора загрязнений».

Высокая активность ВРП-3 как фиксатора загрязнений, присутствующих в макулатурной массе, также подтверждается данными рис. 2, *б*, согласно которым присутствие данной процессной химической добавки в композиции многослойного макулатурного картона в большей степени способствует снижению содержания растворенных веществ в оборотной воде (от 1 до 0,37 г/л), чем взвешенных (от 0,7 до 0,3 г/л).

Из табл. 3 видно, что введение в композицию многослойного макулатурного картона процессного химиката на основе синтетического водорастворимого полимера ВРП-3 способствует снижению шероховатости картона от 5871 до 5248 мл/мин, что, вероятно, происходит за счет действия клеевой составляющей данного химиката на макулатурные волокна после их набухания и дополнительного раскрытия гидроксильных групп.

Выводы

1. Промышленные испытания, проведенные на ОАО «Пуховичская картонная фабрика» при производстве многослойного макулатурного картона, показали, что предпочтительный расход процессной химической добавки ВРП-3 составляет 0,25% от массы абсолютно сухих макулатурных волокон и в дальнейшем может быть сокращен до 0,10% за счет накопления молекул данного химиката в рециркулируемых потоках.

2. Получено, что ВРП-3, являясь процессной химической добавкой с молекулярной массой (M_r) до $5 \cdot 10^4$ и содержанием ионогенных звеньев (α) около 50 мол. % проявляет прежде всего роль «фиксатора загрязнений».

3. Использование ВРП-3 в композиции многослойного макулатурного картона повышает степень удержания волокон и химикатов, присутствующих в перерабатываемой макулатуре, на 15–30% отн. Следствием этого является снижение загрязненности оборотных и сточных вод предприятия в 2–3 раза.

4. Шероховатость многослойного макулатурного картона в присутствии ВРП-3 снижается от 5871 до 5248 мл/мин.

Обозначения

M_r – молекулярная масса; α – содержание ионогенных звеньев; СТУ$_f$ – степень удержания волокна; отн. – относительный.

Литература

1. Мартинович, В. И. // Материалы и технологии-2000: Тез. докл. 4-й республ. науч.-техн. конф., – Гомель, 2000. – С. 42–43.
2. Круль, Л. П. // Полимерные композиты-2000: Сб. тр. междунар. науч.-техн. конф., – Гомель, 2000. – 150 с.
3. Осипов, П. В. Эффективное использование химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона: автореф. дис. … докт. техн. наук: 05.21.03 / П. В. Осипов; Спб. ГТУРП. – Спб., 2007. – 32 с.
4. Бабурин, С. В. Реологические основы процессов целлюлозно-бумажного производства / С. В. Бабурин. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 192 с.
5. Осипов, П. В. Оценка обезвоживания, эффективности полимерных добавок и химического фильтрования в мокрой части БДМ / П. В. Осипов // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2007. – № 2. – С. 62–67.
6. Осипов, П. В. Регулирование параметров формования бумажного полотна в мокрой части машин применением систем химических продуктов / П. В. Осипов // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2007. – № 8. – С. 68–72.
7. Лапин В. В. Эффективный интенсификатор флокуляции макулатурной массы / В. В. Лапин // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2007. – № 10. – С. 54–57.
8. Hahn, H. H. (Eds.) Chemical water and wastewater treatment VII / H. H. Hahn. – London: IWA Publishing, 2004. – 302 с.
9. Куренков, В. Ф. Применение полиамидных флокулянтов для водоочистки / В. Ф. Куренков, H.-G. Hartan, Ф. И. Лобанов [и др.] // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. – 2002. – № 11. – С. 31–40.
10. Куренков, В. Ф. Исследование флоккулирующего действия сополимеров акриламида фотоседиментационным методом / В. Ф. Куренков, Э. Л. Гоголашвили, А. А. Исаков [и др.] // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. – 2002. – № 6. – С. 45–47.
11. Примаков, С. Ф. Лабораторный практикум по целлюлозно-бумажному производству: учебн. пособие для ВУЗов / С. Ф. Примаков [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 168 с.

12. Куренков, В. Ф. Лабораторный практикум по химии и физике полимеров / В. Ф. Куренков – М.: КолоС, 2008. – 395 с.
13. Черная, Н. В. Разработка комплексной оценки эффективности проклейки волокнистой суспензии / Н. В. Черная, А. И. Ламоткин // Человек и экономика. – 1994. – № 10. – С. 12.

Kostyukevich A. V., Chernaya N. V., Zholnerovich N. V., and Drapeza A. A.

The features of the industrial application of auxiliary chemical additive WSP-3 in the multilayered wastepaper cardboard composition.

The influence of chemical additives (based on organic synthetic polymer) on the process of wastepaper cardboard manufacturing is studied. It is established, that water-soluble polymer WSP-3, being the chemical additive with M_r up to $5 \cdot 10^4$ with the contents of cationic groups about 50%, operates as a pollution-fixing agent, rather than flocculant.

Поступила в редакцию --.--.200-.

© А. В. Костюкевич, Н. В. Черная, Н. В Жолнерович, А. А. Драпеза, 2009.