

УДК 676.012:54:502.174

А. В. Костюкевич, аспирант (БГТУ);**Н. В. Черная**, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой (БГТУ)**ПРИМЕНЕНИЕ БИНАРНЫХ СИСТЕМ
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В КОМПОЗИЦИИ
МАССОВЫХ ВИДОВ БУМАГИ И КАРТОНА**

Разработанная технология применения бинарных систем вспомогательных химических веществ в композиции массовых видов бумаги и картона включает технологический режим управления электрокинетическими свойствами дисперсных систем и протекающим в них процессом флокулообразования, способствующий максимальному снижению ионной потребности дисперсионной среды (до 0,1–0,3 мл/л) и приближению численных значений ξ -потенциала частиц дисперсной фазы к изоэлектрическому состоянию (диапазон от –5 до 0 мВ). Данный режим способствует образованию повышенного количества прочных флокул (10–12 Па) с наименьшим радиусом (0,5–0,8 мм). Использование разработанной технологии способствует повышению физико-механических свойств бумаги и картона, полученных из исследованных дисперсных систем, на 8–12% и увеличению их гидрофобности на 0,5–2,0%.

The developed resource-saving technology of sized types of paper and cardboard manufacturing with the use of dual auxiliary chemical additives systems include the technological operating practices of electrokinetical properties of dispersed system and flocculation process connected with it. Such operating practices promote the maximal decrease of conditions process the ionic demand dispersing medium (to 0,1–0,3 ml/l) and promote the approach of the numerical values of dispersed phase particles ξ -potential to the isoelectric state (ranging from –5 to 0 mV). The developed technology facilitates formation of big quantity of solid floccules (10–12 Pa) with the least radius (0,5–0,8 mm). Using technology developed contributes to their physical and mechanical properties of samples of paper and paperboard produced from the investigated disperse systems by 8–12% and increase their hydrophobicity by 0,5–2,0%.

Введение. Основными недостатками существующей технологии изготовления массовых видов бумаги и картона являются, на наш взгляд, повышенная ионная потребность дисперсионной среды и высокие численные значения ξ -потенциала частиц дисперсной фазы, содержащихся в бумажной массе. В результате повышения численных значений электрокинетических характеристик бумажной массы существенно снижается эффективность химикатов, что приводит к необходимости увеличения их расходов [1, 2]. Высокие численные значения электрокинетических характеристик препятствуют интенсивному флокулообразованию в бумажной массе, что вызывает снижение ее скорости обезвоживания и уменьшение степени удержания компонентов (волокно, волокнистая мелочь, проклеивающие, удерживающие и упрочняющие химикаты) на сеточных столах бумаго- и картоноделательных машин. Необходимость решения вышеописанных проблем на большинстве целлюлозно-бумажных предприятий указывает на актуальность проведения исследований, направленных на разработку технологии применения бинарных систем вспомогательных хи-

мических веществ (БСВХВ) в композиции массовых видов бумаги и картона. Данная технология дает возможность управлять электрокинетическими свойствами, скоростью обезвоживания бумажной массы, а также протекающим в ней процессом флокулообразования за счет введения научно обоснованных количеств компонентов БСВХВ с конкретным составом. Использование разработанной технологии позволяет увеличивать степень удержания компонентов бумажной массы и скорость ее обезвоживания, а также дает возможность снижать расходы химикатов и повышать показатели прочности готовой продукции [3, 4].

Цель исследований – разработка технологии применения бинарных систем вспомогательных химических веществ в композиции массовых видов бумаги и картона, основанной на управлении электрокинетическими свойствами дисперсных систем, процессом флокулообразования и скоростью их обезвоживания.

Основная часть. В качестве объектов исследования выбраны следующие водные дисперсные системы (бумажные массы различного композиционного состава): «волокнистый

полуфабрикат (6 видов) – БСВХВ (5 видов)»; «волоконистый полуфабрикат – проклеивающий агент (3 вида) – электролит (2 вида)»; «волоконистый полуфабрикат – проклеивающий агент – электролит – влагопрочная добавка (2 вида)»; «волоконистый полуфабрикат – проклеивающий агент – электролит – БСВХВ – влагопрочная добавка (2 вида)» и полученные из них образцы бумаги и картона. В ходе исследований были использованы пять БСВХВ, содержащие первый катионный и второй анионный компоненты. БСВХВ № 1 и 2 представляли собой сочетание катионного электролита «РАХ-18» и анионных полимеров «Praestol 2515» и «Praestol 2530». БСВХВ № 3 представляла собой сочетание катионного электролита (сульфата алюминия) и анионного полимера «ВРП-3». БСВХВ № 4 и 5 являлись сочетаниями катионных полимеров «Praestol 650 ВС» и «Praestol 852 ВС» и анионного бентонита «AltonitSF White». В качестве волоконистых полуфабрикатов были использованы целлюлозы сульфитная (марки Б-2) и сульфатная (ХБ-2) беленая из древесины хвойных пород, сульфитная из древесины лиственных пород (Б), термомеханическая древесная масса, макулатура белая марки МБ-1 и сборная марки МС-13В. Проклеивающие агенты представляли собой нейтральные и высокосмоляные гидродисперсии модифицированной канифоли (ГМК). Данные гидродисперсии получали из таких пастообразных продуктов модификации канифоли, как укрепленный клей марки ТМ и укрепленный клей марки ЖМ. В качестве проклеивающего агента была использована водная эмульсия воска димера алкилкетена (АКД), выпускаемая под торговой маркой «Ультрасайз-200». В качестве электролитов применяли 1%-ные водные растворы сульфата алюминия и полиоксихлорида алюминия в виде товарного продукта «РАХ-18». Влагопрочные добавки представляли собой водные растворы полиамидэпихлоргидриновой и полиамидполиаминэпихлоргидриновой смолы, выпускаемые под торговыми марками «Melapret PAE/A» и «Водамин-115».

Из вышеперечисленных дисперсных систем изготавливали и испытывали образцы бумаги и картона, отличающиеся гидрофобностью, прочностью и, следовательно, областью применения. Применение современных методов измерения электрокинетических характеристик дисперсных систем позволило оценить влияние каждого компо-

нента БСВХВ, а также использованных химикатов на ξ -потенциал частиц дисперсной фазы и ионную потребность исследуемых дисперсных систем. Исследование реологических характеристик, выполненное с высокой точностью ($\pm 0,0001$ сР) на приборе DVII + Pro, позволило получить информацию о влиянии компонентов БСВХВ на прочность структур, образующихся в волоконистых суспензиях. Определение флокулирующего эффекта (D), дисперсионный анализ, измерение скорости обезвоживания исследуемых дисперсных систем, содержание растворенных и взвешенных веществ в подсеточной воде, определение степени удержания компонентов бумажной массы в структуре бумажного и картонного полотна проводили по описанным в литературе методикам. Образцы бумаги (70 г/м^2) и картона (320 г/м^2) изготавливали на листоотливном аппарате «Rapid-Ketten». Разрывную длину, разрывное усилие, сопротивление разрыву, удлинение, растяжение при разрыве, поглощение энергии при разрыве, модуль Юнга и жесткость при разрыве образцов бумаги и картона определяли на горизонтальной машине SE 062. Шероховатость по Бендтсену и сжимаемость образцов бумаги и картона измерялась на приборе типа SE 164 Bendtsen. Гидрофобность образцов бумаги и картона характеризовали впитываемостью при их одностороннем смачивании водой (метод Кобба).

Графические зависимости (рис. 1), отражающие влияние содержания первого (катионного) и второго (анионного) компонентов БСВХВ на величину ξ -потенциала частиц дисперсной фазы и значение pH в системе «целлюлоза сульфитная из древесины лиственных пород – БСВХВ № 3 (сульфат алюминия/«ВРП-3»)», позволяют определить необходимые для перевода данной дисперсной системы в изоэлектрическое состояние (диапазон от -5 до 0 мВ) количества компонентов БСВХВ. Аналогичные зависимости были получены для остальных волоконистых полуфабрикатов и БСВХВ.

Установлено, что ведение БСВХВ в дисперсные системы различного состава в количествах, способствующих уменьшению численных значений ξ -потенциала частиц дисперсной фазы до диапазона от -5 до 0 мВ (изоэлектрическое состояние) и максимальному снижению ионной потребности дисперсионной среды системы, вызывает интенсивное образование прочных флокул с малыми радиусами.

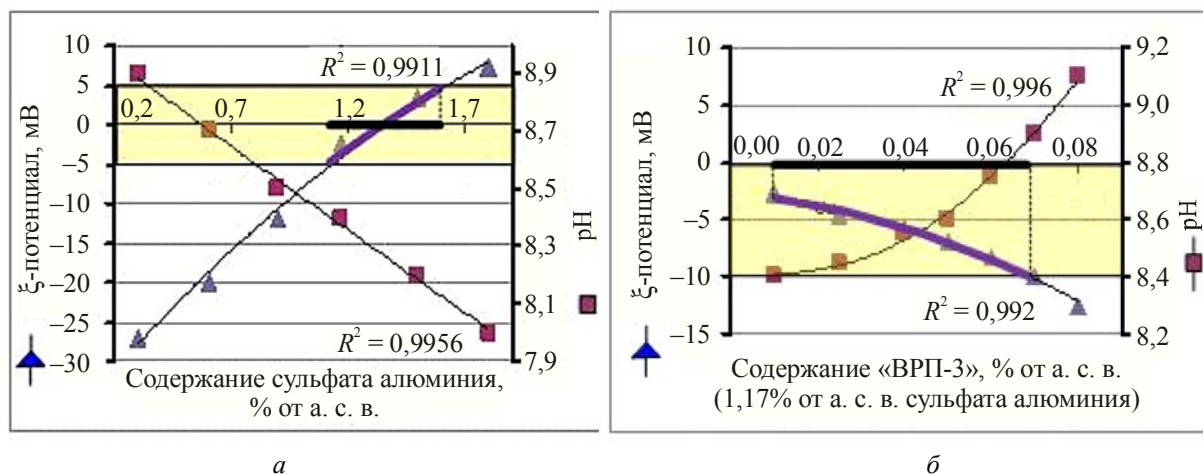


Рис. 1. Изменение ξ -потенциала и pH волокнистой суспензии целлюлозы сульфитной беленой из древесины лиственных пород при увеличении содержания компонентов БСВХВ № 3: а – первый компонент БСВХВ № 3; б – второй компонент БСВХВ № 3

Реологические кривые течения дисперсных систем, а также результаты их дисперсионного анализа и вычисление значения флокулирующего эффекта, вызванного введением БСВХВ в дисперсные системы, указывают на то, что предел сдвиговой прочности флокул находится в диапазоне от 10 до 12 Па при скоростях сдвига от 15 до 28 с^{-1} , а радиус таких флокул составляет от 0,5 до 0,8 мм в зависимости от вида БСВХВ и волокнистого полуфабриката.

Образование в изученных дисперсных системах большого числа (D от 0,8–1,1 при степени полидисперсности 6–8) прочных флокул малого размера способствует значительному повышению скорости обезвоживания таких систем. Получено, что в зависимости от состава и расхода БСВХВ и вида волокнистого полуфабриката длительность процесса обезвоживания заметно сокращается, а скорость обезвоживания возрастает от 3500–4200 до 5500–7500 $\text{см}^3/\text{мин}$ в первые 5 с процесса.

Установлена возможность сокращения количеств компонентов БСВХВ, введение которых необходимо для максимального снижения ионной потребности дисперсионной среды и уменьшения численных значений ξ -потенциала частиц дисперсной фазы, в дисперсных системах «волокнистый полуфабрикат – проклеивающий агент – электролит – БСВХВ – влагопрочная добавка» за счет положительного синергизма действия химикатов. К примеру, при использовании сульфитной беленой целлюлозы из древесины лиственных пород расход катионных компонентов БСВХВ снижается на 0,4% от а. с. в. «РАХ-18» в случае БСВХВ № 1 и 2 (сочетания «РАХ-18» с «Praestol 650 ВС» и «Praestol 852 ВС»), на 0,67% от а. с. в. сульфата

алюминия в случае БСВХВ № 3; на 0,073 и 0,075% от а. с. в. «Praestol 650 ВС» и «Praestol 852 ВС» в случае БСВХВ № 4 и 5 соответственно. Расходы анионных компонентов БСВХВ снижаются на 0,01–0,05% в зависимости от вида БСВХВ.

Получено, что увеличение содержания компонентов БСВХВ в рассматриваемых дисперсных системах свыше требуемого для максимального снижения ионной потребности дисперсионной среды и приближение численных значений ξ -потенциала частиц дисперсной фазы к изоэлектрическому состоянию приводят к снижению скорости обезвоживания, интенсивности флокулообразования, предела сдвиговой прочности. Кроме того, такое увеличение приводит к перерасходу компонентов БСВХВ на 20–37% в зависимости от вида волокнистого полуфабриката по сравнению с содержанием компонентов БСВХВ, необходимым для достижения ξ -потенциала в диапазоне от –5 до 0 мВ и, следовательно, является экономически нецелесообразным.

Для оценки влияния БСВХВ на содержание растворенных и взвешенных веществ в подсеточной воде, степень удержания компонентов бумажной массы в структуре бумажного и картонного полотна, физико-механические свойства и гидрофобность массовых видов бумаги и картона были изготовлены несколько серий образцов бумаги (70 $\text{г}/\text{м}^2$) и картона (320 $\text{г}/\text{м}^2$) из дисперсных систем различного состава. Содержание компонентов БСВХВ, электролитов, проклеивающих агентов и влагопрочных добавок в дисперсных системах было выбрано таким образом, чтобы обеспечить максимальное снижение ионной потребности дисперсионной среды и приближение численных значений ξ -потенциала

частиц дисперсной фазы к изоэлектрическому состоянию (диапазон от -5 до 0 мВ), что способствовало формированию в таких дисперсных системах большого количества мелких и прочных флокул и вызывало повышение скорости их обезвоживания.

Установлено, что введение БСВХВ в количествах, способствующих стабилизации электрокинетических характеристик, в дисперсные системы, содержащие ГМК, электролит и влагопрочную добавку, способствует увеличению разрывной длины, сопротивления разрыву, растяжения при разрыве, шероховатости, сжимаемости на $8-12\%$ в зависимости от вида БСВХВ и волокнистого полуфабриката и не оказывают существенного влияния на впитываемость при одностороннем смачивании полученных из данных дисперсных систем образцов бумаги и картона. Получено, что такое использование БСВХВ способствует снижению содержания взвешенных веществ в подсеточной воде на $2-10\%$, растворенных веществ на $1,5-7,8\%$ в зависимости от вида БСВХВ и волокнистого полуфабриката, что приводит к существенной экономии волокнистого сырья и позволяет охарактеризовать разрабатываемую технологию как ресурсосберегающую. При этом обнаружено, что использование БСВХВ № 3 (сульфат алюми-

ния/«ВРП-3») в большинстве случаев оказывает более значительное влияние на данные показатели по сравнению с остальными изученными БСВХВ.

На примере дисперсных систем, содержащих волокна макулатуры сборной марки МС-13В, ГМК на основе канифоляного клея ТМ, сульфат алюминия, сочетание сульфата алюминия и «ВРП-3» (БСВХВ № 3), «Melarret PAE/A», получены зависимости (рис. 2), отражающие влияние содержания в дисперсной системе БСВХВ и прочих химикатов на ее электрокинетические характеристики. Данные зависимости демонстрируют принципы целенаправленного изменения электрокинетических характеристик дисперсной системы путем введения в нее необходимых количеств химикатов и компонентов БСВХВ, позволяющих придавать бумаге и картону высокие физико-механические показатели прочности и требуемые значения показателей гидрофобности.

Для других исследованных дисперсных систем были получены аналогичные закономерности. Их отличия от зависимостей, представленных на рис. 2, объясняется различными электрокинетическими свойствами использованных волокнистых полуфабрикатов и способностью химикатов воздействовать на данные свойства бумажной массы.

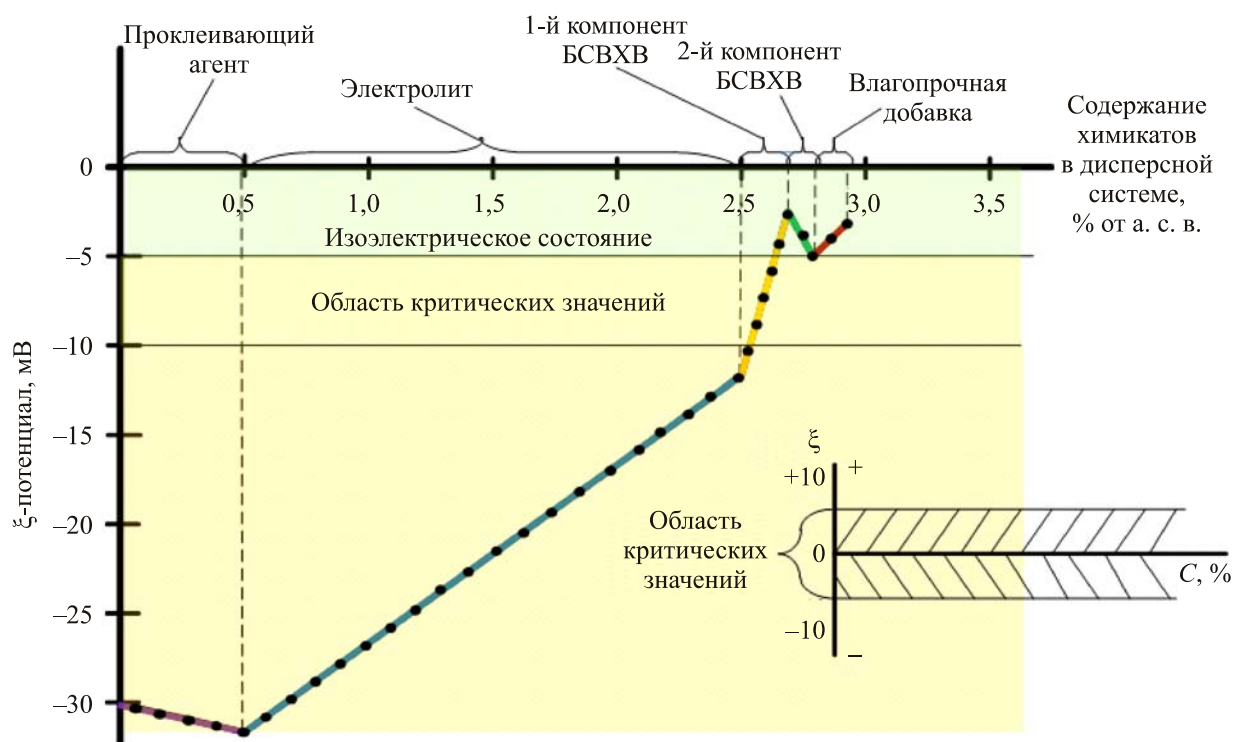


Рис. 2. Целенаправленное изменение ζ -потенциала частиц дисперсной фазы путем введения в дисперсную систему химикатов в количествах, позволяющих получать бумагу и картон с высокой прочностью и гидрофобностью

Заключение. Ведение в дисперсные системы различного состава БСВХВ в количествах, вызывающих снижение ионной потребности дисперсионной среды системы (до 0,1–0,3 мл/л) и ξ -потенциала частиц дисперсной фазы до диапазона от –5 до 0 мВ (изоэлектрическое состояние), способствует интенсификации процесса флокулообразования.

При этом образование в рассмотренных дисперсных системах большого числа (D от 0,8–1,1 при степени полидисперсности 6–8) прочных флокул (10–12 Па) с малыми радиусами (0,5–0,8 мм) способствует повышению скорости обезвоживания таких систем на 1500–4000 см³/мин и увеличению степени удержания компонентов бумажной массы в структуре бумаги и картона до 98,7–99,6% в зависимости от вида БСВХВ и волокнистого полуфабриката.

Использование БСВХВ по разработанной технологии способствует повышению физико-механических свойств на 8–12% и незначительному (0,5–2,0%) увеличению гидрофобности образцов бумаги и картона, полученных из исследованных дисперсных систем.

Разработанная технология обеспечивает экономию на каждую тонну продукции 0,1–6,7 кг компонентов БСВХВ при сокращении времени обезвоживания бумажной массы на 5–12 с и снижении содержания взвешенных веществ в подсеточной воде на 2–10%, растворенных веществ на 1,5–7,8%.

Литература

1. Особенности промышленного применения вспомогательной химической добавки ВРП-3 в композиции многослойного макулатурного картона / А. В. Костюкевич [и др.] // *Материалы. Технологии. Инструменты.* – 2009. – Т. 14, № 2. – С. 86–90.
2. Костюкевич, А. В. Изучение механизма взаимодействия между компонентами волокнистой суспензии и бинарной системы вспомогательных химических веществ / А. В. Костюкевич, Н. В. Черная // *Целлюлоза. Бумага. Картон.* – 2010. – № 10. – С. 40–45.
3. Влияние сильноосновного катионного полиэлектролита на бумагообразующие свойства проклеенной макулатурной массы / А. В. Костюкевич [и др.] // *Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. хим. наук.* – 2010. – № 1. – С. 114–118.
4. Применение отходов производства полиакрило-нитрильного волокна для снижения загрязненности сточных вод в бумажно-картонной промышленности / А. В. Костюкевич [и др.] // *Современная лаборатория.* – 2010. – № 1. – С. 61–63.
5. Ek, M. *Pulp and Paper Chemistry and Technology. Vol. 4: Paper Products Physics and Technology* / M. Ek, G. Gellerstedt, G. Henriksson. – Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co, 2009. – 335 p.

Поступила 11.03.2011