

План эксперимента с расчетом обобщенного критерия оптимизации

Наименование факторов		Значения частных функций желательности		Значения обобщенного критерия оптимизации W
Продолжительность пропарки, мин	Температура пропарки, °C	d1(σ_p)	d2($F_{изг}$)	
2	150	0,15	0,05	0,09
6	150	0,54	0,36	0,44
10	150	0,62	0,50	0,56
2	170	0,92	0,93	0,92
6	170	0,95	0,95	0,95
10	170	0,93	0,93	0,93
2	190	0,40	0,94	0,62
6	190	0,34	0,91	0,56
10	190	0,05	0,77	0,20

Применение надстройки «Поиск решения» показало, что максимальное значение обобщенного критерия оптимизации $W=0,99$ достигается при времени пропаривания $\tau = 5,9$ мин и температуре $T = 171$ °C. Значения показателей качества переплетного картона при этом следующие: предел прочности при расслаивании 168 кПа; жесткость при статическом изгибе 10,5 Н·см.

Анализируя результаты исследований, отмечаем, что ВПВВ, модифицированный карбамидом и изготовленный при найденных оптимальных параметрах, позволяет получать переплетный картон высшего сорта марки Б (ГОСТ 79850-77), для которого $\sigma_p \geq 130$ кПа и $F_{изг} \geq 10,0$ Н·см.

В настоящее время ведутся работы по внедрению модифицированного карбамидом ВПВВ массы на ряде предприятий концерна «Беллесбумпром».

ЛИТЕРАТУРА

1. Примаков С.Ф. Производство картона. – М.: Экология, 1991.
2. Шамко В.Е. Полуфабрикаты высокого выхода. – М.: Лесная пром-сть, 1989.
3. Фляте Д.М. Бумагообразующие свойства волокнистых материалов. – М.: Лесная пром-сть, 1990.
4. Пен Р.З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства. – Красноярск: КГУ, 1992.

УДК.676.2:012.24.038

В. Л. Колесников, профессор; Г. С. Гридюшко, ст.преподаватель;
Н. В. Черная, доцент

КОАГУЛЯЦИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ДОБАВОК ГИДРОДИСПЕРСИЙ ПОЛИМЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ И КАРТОНА

The technoiogy was inculcation in papermills and cardboard factories in Belarus.

С позиций единства социально-экономической, экологической и научно-технической политики перед целлюлозно-бумажной промышленностью стоит актуальная задача рационального использования лесосырьевых ресурсов и увеличения содержания в композиции бумаги и картона древесной массы, макулатуры и целлюлозы из

лиственных пород древесины. Эти волокнистые полуфабрикаты существенно уступают хвойной целлюлозе, их использование приводит к снижению физико-механических показателей продукции, к увеличению обрывности полотна на бумагоделательных машинах, к снижению их рабочих скоростей. При этом перед отраслью стоит одновременно и другая, не менее важная и сложная задача расширения ассортимента и резкого повышения качества бумаги и картона. Естественно, что в этих условиях одним из наиболее эффективных путей решения поставленных задач является использование в волокнистой массе упрочняющих добавок.

Гидродисперсии высокомолекулярных веществ, в частности синтетические каучуковые латексы, уже давно вызывают интерес у специалистов отрасли. Однако применение латексов по аналогии с клеями на канифольной основе не только не приводит к радикальному улучшению свойств бумаги и картона, но и заметно усложняет протекание отдельных технологических операций, требующих резкого повышения культуры производства.

Синтетические каучуковые латексы обладают высоким упрочняющим и модифицирующим действием только тогда, когда при подготовке массы к отливу в ней осуществлен процесс гетероадагуляции (равномерного распределения и прочной фиксации мелких частиц осадка дисперсной фазы на поверхности волокон) [1]. В этом случае ресурс управления качеством бумаги и картона из низкосортного сырья оказывается достаточным для того, чтобы обеспечить конкурентную способность новой технологии.

Поэтому для создания теоретической базы с целью разработки новых видов бумажной и картонной продукции и кардинального улучшения ее качества за счет применения гидродисперсий полимеров необходимо решить главную научную проблему обеспечения гетероадагуляции последних в волокнистой массе.

Экономическая и экологическая характеристики технологии зависят от полноты удержания в бумаге всех химических веществ, примененных для ее упрочнения. В прямой зависимости от удержания проклеивающих веществ находятся и потребительские свойства готовой продукции.

Характерная зависимость степени удержания волокнами дисперсной фазы вещества проклеивающей дисперсии на примере сульфитной беленой целлюлозы со степенью помола 27° ШР и синтетического каучукового латекса БСК-65/3 (расход 100 кг/т абс. сух. волокна) в зависимости от расхода неионного поверхностно-активного вещества (НПАВ), в частности ОП-10, приведена на рис. 1.

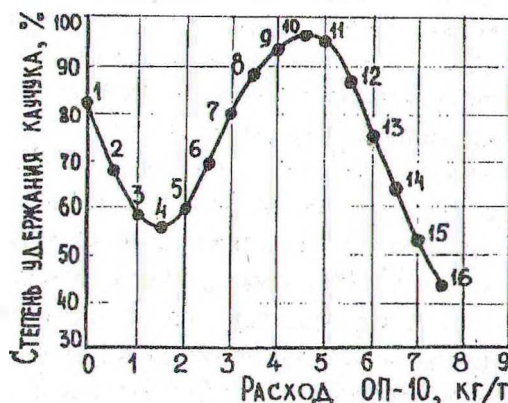


Рис. 1. Степень удержания каучукового вещества из латекса БСК-65/3 в структуре бумажного полотна в зависимости от содержания в проклеивающей смеси НПАВ ОП-10

На кривой рис.1 совершенно четко различаются три участка. Снижение степени удержания каучука на первом участке кривой (точки 1-3) связано с уменьшением размеров частиц образующегося осадка каучука при увеличении в системе НП АВ и увеличением провалов сквозь сетку при обезвоживании бумажного полотна. Это наглядно подтверждают данные микроскопического анализа проклеенной волокнистой массы и микрофотографии, полученные на электронном микроскопе ЭМ-125.

Первая точка перегиба (точка 4) и следующий за ней участок подъема кривой (точки 5-10) характеризуются увеличением доли электростатических сил в механизме удержания вещества из латекса целлюлозными волокнами, так как дальнейшее снижение размеров частиц коагулюма переводит их из состояния механической взвеси в состояние коллоидной системы, причем образование двойного электрического слоя на поверхности раздела за счет адсорбции перезаряжающего агента будет определять степень их фиксации на поверхности волокон.

Вторая точка перегиба (точка 11) характеризует момент гетероадагуляции. Следовательно, абсцисса проекции этой точки соответствует оптимальному расходу поверхностно-активного вещества для условий обеспечения гетероадагуляции микрогетерогенной системы.

Ветвь кривой после максимума (точки 12-16) характеризуется снижением степени удержания каучука от 96,9 до 40,3%. Причиной ухудшения удержания каучука является исчерпывающая адсорбционная способность латексных частиц по отношению к перезаряжающему агенту, так как вся их поверхность оказывается заполненной молекулами НП АВ, которые не дают им объединяться в ансамбли и слипаться с целлюлозой. Поэтому практически все проклеивающее вещество оказывается в оборотной воде.

Степень удержания каучукового вещества из латекса в структуре бумажного и картонного полотна определялась методом пиролитической газожидкостной хроматографии на приборе Хром-4А [2].

Характер кривой, изображенной на рис. 1, следует рассматривать как классический. Подобные кривые получаются при исследовании почти всех показателей качества бумаги и картона.

По результатам эксперимента (табл. 1) были рассчитаны коэффициенты парной корреляции между степенью удержания каучука в структуре бумажного полотна и разрывной длиной, влагонепрочностью, растяжимостью и сопротивлением излому. Значения коэффициентов парной корреляции приведены в табл. 2.

Высокие значения коэффициента корреляции между всеми рассмотренными показателями качества бумаги и степенью удержания каучука говорят об их тесной взаимосвязи и дают основание утверждать, что изменения показателей качества бумаги обусловлены изменениями степени удержания каучука.

Однако данных только о содержании каучукового вещества в бумаге еще недостаточно для однозначного определения свойств продукции. Необходима информация о гранулометрическом составе осадка и его местонахождении (в межволоконной жидкости или на поверхности волокон). Другими словами, нужно знать, какая часть введенного в бумажную массу латекса закреплена на волокнах в форме гетероадагуляции, или, что то же самое, надо найти соотношение между гомокоагуляцией и гетероадагуляцией при осуществлении латексной проклейки бумаги и картона.

Методической основой решения поставленной задачи выбран принцип седиментации, который может быть приспособлен для анализа полидисперсных частиц многокомпонентных суспензий [3]. Разработку алгоритма решения задачи определения соот-

ношения между гемокоагуляцией и гетероадагуляцией в процессе латексной проклейки бумаги и картона можно продемонстрировать на рис.2 и 3.

Таблица 1

Показатели качества образцов бумаги в зависимости от расхода НПВАВ и степени удержания каучука в структуре бумажного полотна

Номер опыта	Степень удержания каучука, % (1 признак)	Разрывная длина, м (2 признак)	Влагопрочность, % (3 признак)	Растяжимость, % (4 признак)	Сопротивление излому, ч.д.п. (5 признак)
Опыт 1	84,3	4200	17,5	4,5	650
Опыт 2	72,7	3750	15,0	3,0	480
Опыт 3	63,8	3550	13,0	2,5	450
Опыт 4	55,0	3400	10,0	2,0	280
Опыт 5	58,5	3450	12,5	2,5	150
Опыт 6	69,3	3850	14,0	3,5	490
Опыт 7	75,5	4400	17,5	5,5	770
Опыт 8	86,4	5250	22,5	7,5	884
Опыт 9	88,2	5400	23,8	8,0	965
Опыт 10	94,6	5800	24,6	8,5	1230
Опыт 11	96,9	5950	26,5	9,0	1860
Опыт 12	85,2	5300	21,4	8,0	1010
Опыт 13	74,4	4100	16,2	7,0	630
Опыт 14	63,7	3300	10,9	5,0	380
Опыт 15	53,1	3000	7,7	3,5	113
Опыт 16	40,3	2250	3,6	2,0	47

Таблица 2

Коэффициенты парной корреляции для показателей качества бумаги с латексной проклейкой

Номер признака	Наименование признака	Значение коэффициента парной корреляции для признаков				
		1	2	3	4	5
1	Степень удержания каучука	1	0,94	0,98	0,87	0,91
2	Разрывная длина	0,94	1	0,97	0,89	0,98
3	Влагопрочность	0,98	0,97	1	0,88	0,92
4	Растяжимость	0,87	0,89	0,88	1	0,87
5	Сопротивление излому	0,91	0,98	0,92	0,87	1

Необходимо отметить, что использование метода седиментации не преследует цель определить истинный размер частиц, участвующих в эксперименте. Задачами данного этапа исследований являются обнаружение и установление количества частиц осадка каучука, располагающихся в межволоконной жидкости при различных условиях проведения процесса латексной проклейки бумаги и картона. Полученные значения средних радиусов частиц каждой фракции следует рассматривать как условные, пригодные для того, чтобы сделать вывод об увеличении или уменьшении их размеров. Сказанное еще в большей мере относится к целлюлозным волокнам, имеющим продолговатую, а не сферическую форму, поэтому рассчитанные значения их радиусов не являются исчерпывающей характеристикой.

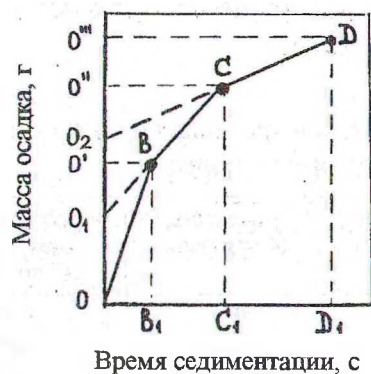


Рис. 2. Процесс осаждения частиц трехкомпонентной полидисперсной суспензии

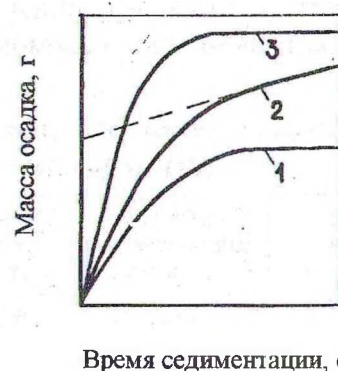


Рис. 3. Седиментационные кривые волокнистой массы при латексной проклейке: 1 – исходная масса без латекса; 2 – гомокоагуляция латекса; 3 – гетероадагуляция латекса

На отрезке времени OB_1 происходит одновременное совместное осаждение частиц всех трех размеров. К моменту времени B_1 частицы размером r_1 все осядут, и процесс будет продолжаться с другой скоростью, которая будет складываться из скорости осаждения частиц размером r_2 и скорости осаждения частиц размером r_3 (отрезок BC). Отрезок CD характеризует скорость осаждения монодисперсных частиц размером только r_3 . Снимая показания прибора через малые промежутки времени, можно достаточно подробно охарактеризовать гранулометрический состав суспензий [4].

Более наглядное представление и практическую ценность дает дифференциальное распределение частиц осадка каучука по радиусам (R , мкм) в виде гистограмм (рис. 4). Степень помола исходной волокнистой массы составляла 35^0 ШР. Расход латекса БСК-65/3 – 100 кг/т абс. сух. волокна.

С помощью разработанного метода представляется возможным оценить влияние расхода поверхностно-активного вещества на параметры процесса коагуляции латекса и размер частиц осадка каучука, а также на показатели качества получаемой при этом бумаги.

Проведенные исследования по количественному определению содержания осадка каучука на поверхности волокон и в межволоконной жидкости при различном содержании в системе ПАВ показали, что гистограмма гранулометрического состава целлюлозной массы без добавок латекса обладает ярко выраженной унимодальностью. Присутствие латексных проклеивающих смесей с различным содержанием НПАВ способствует переходу гистограммы из унимодальной формы в бимодальную, причем по площади первого максимума на гистограммах можно определить массу и относительный размер частиц осадка каучука, находящихся между волокнами.

По этим данным можно судить о том, какая доля всего добавленного в волокнистую массу латекса скоагулирована в форме гомокоагуляции, а какая в форме гетероадагуляции, и на основании этого вычислить соотношение между двумя конкурирующими процессами. При увеличении расхода НПАВ от нуля до оптимального вершины первого максимума на гистограммах закономерно сдвигаются влево, и площади их изменяются, что вызвано образованием более мелких частиц осадка каучука и снижением их содержания в межволоконной жидкости. При этом вершины второго максимума сдвигаются вправо, одновременно увеличиваясь по площади, что связано с искусствен-

ным укрупнением волокон и возрастанием их суммарной массы за счет фиксации на поверхности частиц дисперсной фазы латекса.

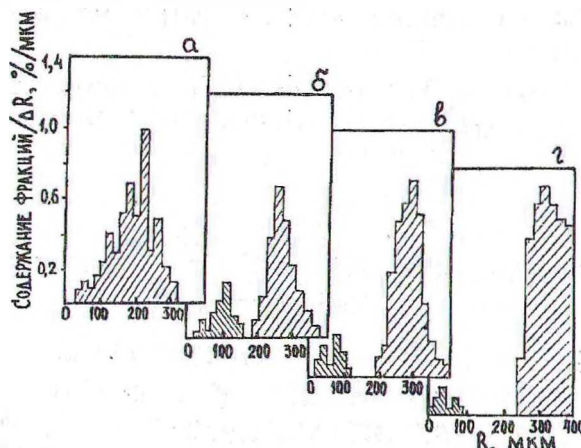


Рис. 4. Гистограммы гранулометрического состава исходной (а) и проклеенной (б, в, г) латексом БСК-65/3 волокнистой массы в присутствии НПАВ ОП-10 (кг/т): а – 0; б – 5; в – 10; г – 20

Следовательно, необходимым условием для обеспечения гетероадагуляции является достижение наименьших размеров частиц осадка каучука из латекса при электролитной коагуляции его в волокнистой массе путем изменения расхода поверхностно-активного вещества, играющего роль коллоидно-химического регулятора.

Установлено, что при коагуляции гидродисперсий в системе появляются частицы, резко отличающиеся размерами от волокон, причем в случае малого расхода поверхностно-активного вещества максимальное содержание частиц осадка каучука в межволоконной жидкости приходится на фракции с размерами 80-120 мкм. Увеличение расхода поверхностно-активного вещества при латексной проклейке волокнистой массы приводит к уменьшению размеров частиц осадка каучука и к снижению его содержания в межволоконной жидкости. Так, при расходе ОП-10 5 кг/т содержание гомофракций достигает 21,7%, при расходе ОП-10 10 кг/т – снижается до 14,5%, а при расходах ОП-10 15 и 20 кг/т – составляет соответственно 9,0 и 5,1%. Фиксация каучука на целлюлозных волокнах приводит к кажущемуся эффекту увеличения размеров волокон.

Таким образом, коэффициенты парной корреляции, вычисленные по результатам эксперимента, указывают на наиболее тесную связь показателей качества бумаги с долей осадка каучука из латекса, фиксированного на поверхности волокон в форме гетероадагуляции. Значения рассчитанных коэффициентов оказались настолько высокими, что позволяют рассматривать этот признак как основную причину изменения всех показателей качества продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зонтаг Г., Штрэнге К. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. – Л.: Химия, 1973.
2. Гридюшко Г.С., Колесников В.Л. Применение пиролитической ГЖХ для количественного определения содержания каучука в технологических потоках при производстве картона с латексной проклейкой. В кн.: Хроматографический анализ в химии древесины. – Рига: Зинатне, 1975. – С.323-335.

3. Практикум по коллоидной химии / В.И. Баранова, Е.Е. Бибик, Н.М. Кожевникова и др. – М.: Высшая школа, 1983.

4. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии (Поверхностные явления и дисперсные системы). – М.: Химия, 1982.

5. Ефремов И.Ф., Усъяров О.Г. Взаимодействие частиц дисперсной фазы на большом расстоянии // Коллоидный журнал. – 1972. – Т.34. – № 2. – С.213-218.

УДК 676.2:012.24.038

В. Л. Колесников, профессор; Г. С. Гридюшко, ст. преподаватель;
Н. В. Черная, доцент

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ВЫБОРА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЛИМЕРНЫХ УПРОЧНЯЮЩИХ ДОБАВОК В ПРОИЗВОДСТВЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ БУМАГИ

Mathematical function D should be used for the determination of the paper and board optimal composition.

Для определения оптимального состава волокнисто-латексных композиций при получении бумаги и картона с заданным набором показателей качества в математическую модель должны быть включены факторы, меняющиеся дискретно с целочисленными цифровыми индексами (кодами), характеризующими вид волокнистых и полимерных материалов [1].

Процессы, в которых участвуют качественные (атрибутивные) дискретно меняющиеся факторы, легче всего исследуются с помощью латинских или греко-латинских квадратов, ортогональных гиперкубов или параллелепипедов. Однако этим путем можно определить лишь оптимальную природу веществ, то есть решить только третью часть задачи.

Известны также планы эксперимента, в матрицу которых входят не только атрибутивные, но и режимные параметры, например латинские квадраты, совмещенные с репликой полного факторного эксперимента различной степени дробности. Особенностью этих планов является возможность оценивания только нетривиальных комбинаций главных эффектов и получения векторов коэффициентов полинома, так как варьирование режимных параметров предусматривается не более чем на двух уровнях, причем размерность совмещаемого латинского квадрата должна быть кратной двум. Эти особенности ограничивают применение указанных планов для решения задачи оптимизации композиционного состава бумаги по волокну и рецептур латексных проклеивающих смесей для управления свойствами бумаги и картона.

Наиболее плодотворный подход к составлению компромиссных регулярных насыщенных планов эксперимента заключается в последовательном преобразовании ортогональных таблиц заданной мощности, получаемых из проективных геометрий, в которых вершинам связок параллельных плоскостей на бесконечности соответствуют изучаемые факторы.

Оптимизацию рецептур латексных проклеивающих смесей для различных массовых и специальных видов бумаги и картона было решено проводить с учетом 13 основных факторов процесса: $X(1)$ – природа целлюлозы (сульфитная беленая хвойная (СФИБХ), сульфатная беленая хвойная (СФАБХ) и сульфатная беленая лиственная (СФАБЛ)); $X(2)$ – природа синтетического каучукового латекса (БСК-65/3, ДВХБ-70,