УДК 676.222:676.024.7

А. Д. Воробьев, Н. В. Жолнерович, И. В. Николайчик, Н. В. Черная
Белорусский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА СПОСОБА УДЕРЖАНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ В КОМПОЗИЦИИ ГАЗЕТНОЙ БУМАГИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Статья посвящена изучению влияния бинарных систем вспомогательных химических веществ на степень удержания компонентов бумажной массы в структуре образцов газетной бумаги. Изучена зависимость влияния исследуемых соединений высококатионного низкомолекулярного органического полимера и высокомолекулярного катионного полиакриламида на качество газетной бумаги, изготовленной из термомеханической массы, отобранной из производственного цикла РУП «Завод газетной бумаги» (г. Шклов), а также на содержание наполнителя, степень его удержания и разрывную длину бумаги. Выполнена статистическая обработка результатов многофакторного эксперимента для критериев оптимизации, построены и проанализированы двумерные сечения поверхностей отклика уравнений регрессии, сформулирована и решена задача оптимизации. Разработан способ повышения удержания наполнителя в композиции газетной бумаги, результатом которого является повышение степени удержания наполнителя в структуре бумаги до 71,9%. Данное увеличение показателей качества бумаги достигается за счет применения в композиции газетной бумаги с высоким содержанием наполнителя органического полимера PC9290 в количестве 0,05% от а. с. в. и катионного полиакриламида PC9350 в количестве 0,05% от а. с. в.

Ключевые слова: удержание, наполнитель, газетная бумага, разрывная длина.

A. D. Vorobiov, **N. V. Zholnerovich**, **I. V. Nikolaichik**, **N. V. Chernaya**
Belarusian State Technological University

DEVELOPMENT OF METHOD OF FILLER RETENTION IN THE NEWSPRINT COMPOSITION WHILE USING AUXILIARY CHEMICALS

The paper studies the influence of auxiliary chemicals binary systems for the retention degree of pulp components in the structure of newsprint samples. The dependence of the effect of highly cationic low-molecular-weight organic polymer and high-molecular-weight cationic polyacrylamide tested compounds on quality of newsprint, and on the filler content in the paper, and paper breaking length. The statistic processing of the multifactor experiment results for optimization criteria, optimization aim was formulated and solved. Method of increase the retention of the filler in newsprint composition was developed, where the results were the increase of the retention degree of filler to 71,9%. Such increase of quality indexes is achieved by using organic polymer PC9290 (0,05% a. d. f.) and cationic polyacrylamide PC9350 (0,05% a. d. f.) in newsprint composition with high filler content.

Key words: retention, filler, newsprint, breaking length.

Введение. В настоящее время бумажное производство характеризуется увеличением использования химических веществ и материалов, способствующих повышению качества бумаги. Производство бумаги является рентабельным в том случае, если минимизированы безвозвратные потери используемых волокнистых полуфабрикатов и химикатов, особенно минерального наполнителя.

Необходимость совершенствования процесса удержания компонентов бумажной массы и частиц наполнителя в структуре бумажного полотна является актуальной проблемой, характерной для предприятий, изготавливающих газетную бумагу.

Высокая степень удержания компонентов бумажной массы на сеточном столе бумагоделательной машины (БДМ) способствует:

– снижению концентрации массы в напорном ящике и в оборотной воде и улучшению формования бумажного полотна;

– эффективному использованию наполнителя, снижению потерь волокна и наполнителя на сеточном столе БДМ;

– возможности увеличения степени замкнутости системы, циркуляции оборотной воды (снижение расхода воды и электроэнергии) [1];

– достижению требуемых физико-механических показателей качества бумаги, увеличению производительности и стабильности функционирования БДМ [2, 3].

Разработка технологического режима применения систем полимерных соединений в композиции бумаги базируется, как правило, на подборе оптимального сочетания факторов технологического процесса. Эффективность

использования бинарных систем химикатов для повышения удержания наполнителя в структуре газетной бумаги существенным образом зависит от вида используемой полимерной системы, содержания отдельных компонентов системы в композиции бумажной массы, очередности их дозирования, химической природы, молекулярной массы и плотности заряда. Важно отметить, что характер и механизм взаимодействия волокон термомеханической древесной массы (ТММ) с полимерными компонентами существенно отличаются от физико-химических и химических процессов и явлений, протекающих в волокнистых суспензиях на основе целлюлозы. Это обусловлено, с одной стороны, электрокинетическими свойствами волокон ТММ, с другой – наличием в термомеханической массе значительного количества анионных загрязнений, а также требует разработки оптимальных расходных параметров дозирования компонентов полимерных систем при использовании наполнителя в композиции бумажной массы.

Удержание наполнителя в структуре бумаги из 100% ТММ является сложным процессом и базируется согласно современным представлениям на механическом, адсорбционном удержании и удержании за счет флокулирующего действия высокомолекулярных полимеров. Определение оптимального расхода и очередности дозирования полимерных компонентов системы обеспечит, по нашему мнению, оптимальный вклад каждой составляющей механизма удержания при сохранении физико-механических свойств готовой бумаги.

Основная часть. С целью изучения влияния содержания компонентов бинарной системы удержания на изменение физико-механических свойств газетной бумаги и степень удержания наполнителя были изготовлены образцы бумаги массой 45 г/м^2 из 100% термомеханической массы, отобранной из производственного цикла РУП «Завод газетной бумаги» (г. Шклов). Степень помола термомеханической массы составляла 78 °ШР, белизна не менее 60%. В качестве наполнителя был использован каолин марки КН-83 (ГОСТ 19285-73), содержание которого в бумажной массе варьировалось от 3 до 7% от а. с. в. В качестве бинарной системы вспомогательных химических веществ использованы: первый компонент бинарной системы – высокомолекулярный катионный полиакриламид PC9350 (расход варьировался от 0,05 до 0,15% от а. с. в.), второй компонент бинарной системы – высококатионный низкомолекулярный синтетический органический полимер PC9290 (расход варьировался в диапазоне от 0,05 до 0,15% от а. с. в.) (Solenis (США)).

Для определения необходимого оптимального количества указанных химикатов был использован метод математического планирования эксперимента. Организационной основой для математического описания плана эксперимента являлся план Коно, позволяющий при небольшом количестве опытов получить достаточно достоверную информацию о значениях показателей в исследуемом факторном пространстве для изучаемого объекта.

В качестве независимых управляющих переменных (факторов) были выбраны: содержание первого компонента бинарной системы PC9350 в композиции бумажной массы (X1, % от а. с. в.), содержание второго компонента бинарной системы PC9290 в композиции бумажной массы (X2, % от а. с. в.) и содержание наполнителя (X3, % от а. с. в.).

Задача оптимизации была сформулирована следующим образом: найти такие значения независимых управляемых переменных (X1, X2 и X3) в заданной области факторного пространства, которые обеспечивают получение требуемых показателей качества образцов бумаги (Y1, Y2) в заданной области факторного пространства при минимальных расходах X1–X3.

При нахождении оптимальных значений выбранных переменных критериями оптимизации являлись следующие показатели:

– содержание наполнителя в бумаге (Y1, %);
– степень удержания наполнителя (Y2, %);
– разрывная длина (Y3, км).

При обработке экспериментальных данных на ПЭВМ в электронных таблицах Microsoft Excel были получены математические модели второго порядка с парными взаимодействиями, адекватно описывающие зависимость критериев оптимизации (Y2, Y3) от расходных параметров технологического процесса (X1; X2; X3).

По полученным уравнениям регрессии были построены двумерные сечения поверхности отклика, представленные на рис. 1–3. Для определения оптимальных значений исследуемых факторов были получены уравнения частных функций полезности и рассчитаны значения глобального критерия оптимизации W_i в каждой строке плана эксперимента.

Как видно (рис. 1), при содержании наполнителя в композиции бумажной массы 3% от а. с. в. увеличение количества первого компонента бинарной системы приводит к снижению содержания наполнителя в композиции бумаги. В то же время возрастание содержания второго компонента бинарной системы имеет экстремальный характер с характерным максимумом в области 0,08–0,12% от а. с. в. Это свидетельствует об эффективности применения исследуемых компонентов в определенном диапазоне

концентраций в волокнистой массе, содержащей наполнитель, и снижении эффективности в случае передозировки обоих компонентов бинарной системы удержания. При увеличении количества наполнителя в композиции бумажной массы до 5 и 7% от а. с. в. изменяется характер влияния на содержание наполнителя в бумаге первого компонента бинарной системы – высокомолекулярного катионного полиакриламида (PC9350).

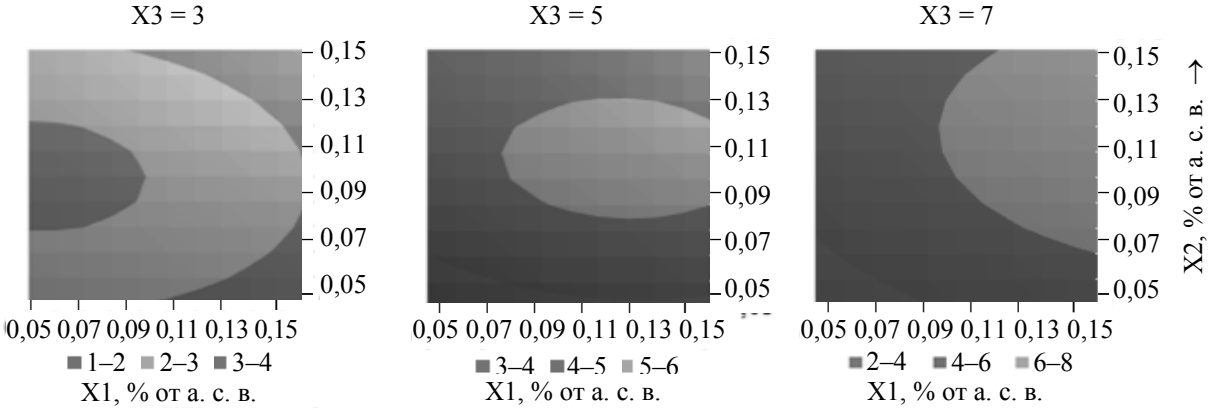

Рис. 1. Двумерные сечения поверхности отклика, отражающие зависимость содержания наполнителя в образцах бумаги от расходов добавок № 2 и № 1 при увеличении расхода наполнителя от 3 до 7% от а. с. в.

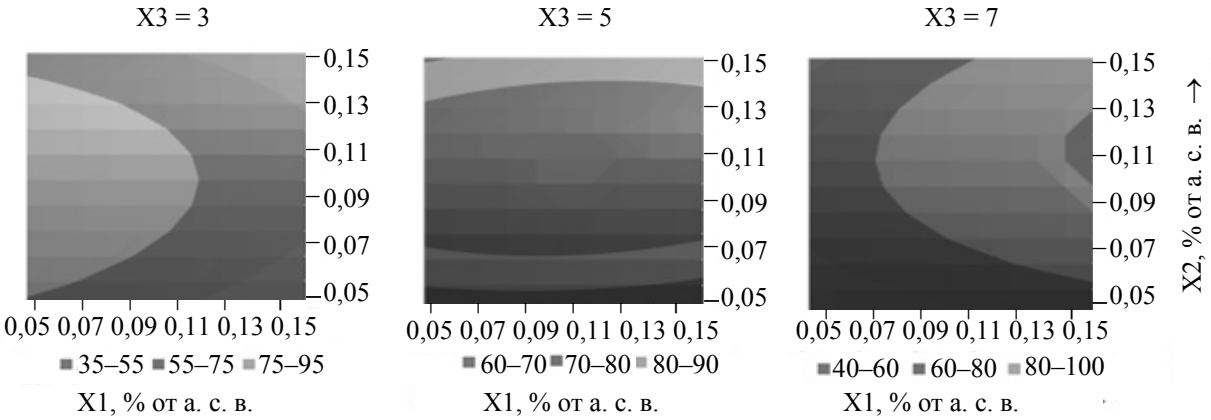

Рис. 2. Двумерные сечения поверхности отклика, отражающие зависимость степени удержания наполнителя в образцах бумаги от расходов добавок № 2 и № 1 при увеличении расхода наполнителя от 3 до 7% от а. с. в.

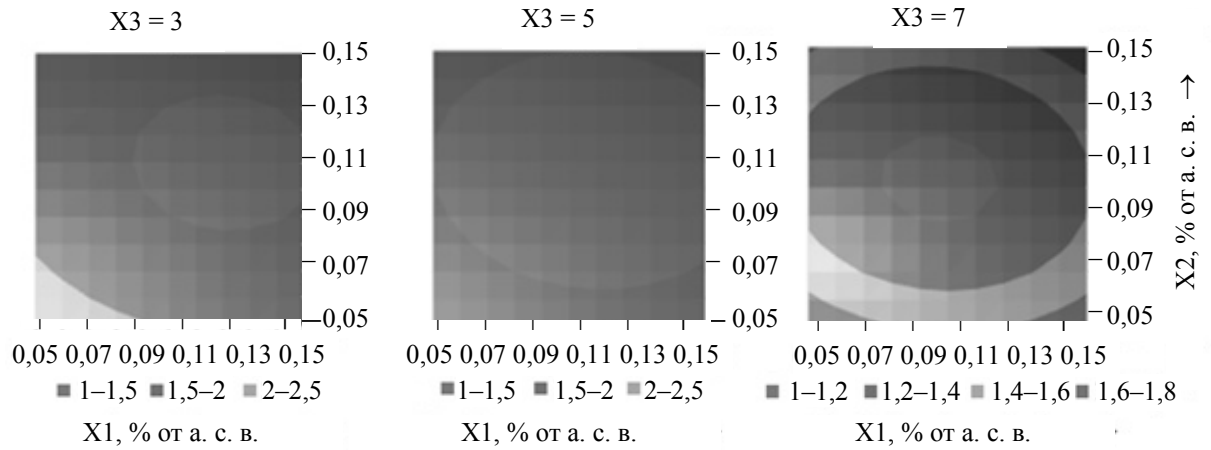

Рис. 3. Двумерные сечения поверхности отклика, отражающие зависимость разрывной длины газетной бумаги от расходов добавок № 2 и № 1 при увеличении расхода наполнителя от 3 до 7% от а. с. в.

Это подтверждает существующую возможность повышения удержания наполнителя за счет флокуляции высокомолекулярными полимерами. Важно отметить, что экстремальный характер изменения данного показателя в зависимости от добавляемого количества второго компонента бинарной системы сохраняется. Это требует строгого соблюдения расходных норм химикатов при практической реализации разрабатываемого технологического режима в промышленных условиях.

Аналогичный характер влияния полимерных компонентов бинарной системы наблюдается для показателя удержания наполнителя в структуре бумаги (рис. 2). Увеличение расхода первого компонента бинарной системы приводит к снижению удержания наполнителя при содержании его в бумажной массе в количестве 3% от а. с. в., что, вероятно, обусловлено перезарядкой компонентов бумажной массы и стабилизацией положительно заряженной системы. Это в конечном итоге приводит к потере (провалу) наполнителя при обезвоживании бумажного полотна на сеточном столе бумагоделательной машины. Причем чем больше количество добавленного первого компонента (PC9350), тем более узкий оптимальный диапазон дозировки второго компонента бинарной системы, что усложняет управление системой и требует более строгого контроля за количеством дозируемого химиката в производственных условиях.

При увеличении количества наполнителя в композиции бумажной массы повышается значимость второго компонента бинарной системы удержания – высококатионного низкомолекулярного органического полимера (PC9290) в удержании наполнителя. Сохраняется экстремальный характер влияния с максимумом удержания наполнителя в диапазоне расходов второго компонента бинарной системы 0,07–0,14% от а. с. в. (рис. 2). Вероятно, это обусловлено увеличением вклада адсорбционной составляющей электростатического механизма удержания наполнителя.

Дальнейшее повышение расхода наполнителя требует увеличения дозировки обоих компонентов бинарной системы в композиции бумажной массы и приводит к смещению максимума удержания наполнителя в область более высоких расходов второго компонента бинарной системы.

Однако эффективность применения полимерных систем должна включать комплексную оценку влияния добавляемых химикатов не только на удержание наполнителя, но и на основные функциональные свойства бумаги. Одним из важных показателей качества бумаги, существенно снижающимся при увеличении содержания наполнителя в бумаге, является разрывная длина. Определяющим фактором в данном случае при выборе оптимального сочетания расходов компонентов бинарной системы удержания является компромиссное решение задачи между достижением требуемого качества при максимальном содержании наполнителя в бумаге.

Анализ двумерных сечений поверхности отклика изменения разрывной длины образцов бумаги в зависимости от содержания наполнителя и компонентов бинарной системы в композиции бумажной массы свидетельствует об экстремальной зависимости показателя. При этом значение разрывной длины образцов бумаги уменьшается с увеличением содержания наполнителя в композиции бумажной массы (рис. 3).

Результатом решения задачи оптимизации и достигаемые при этом значения критериев оптимизации были следующими: X1 = 0,05% от а. с. в; X2 = 0,05% от а. с. в.; X3 = 3% от а. с. в. Значение частных функций полезности составило: Y2 = 71,9%; Y3 = 2,38 км. Значение глобального критерия оптимизации $W_i = 0,86$.

Заключение. Оптимизация расходных параметров процесса изготовления газетной бумаги с использованием бинарной системы химических вспомогательных веществ показала возможность минимизации расхода компонентов системы удержания при минимальном содержании наполнителя в системе. Это обусловлено условием максимизации физико-механических показателей бумаги (а именно показателя разрывной длины). Однако сравнительный анализ поверхностей отклика свидетельствует о возможности повышения содержания наполнителя в композиции бумаги при сохранении ее физико-механических свойств.

Разработан способ повышения удержания наполнителя в композиции газетной бумаги с применением бинарной системы удержания, включающей последовательное дозирование высокомолекулярного катионного полиакриламида PC9350, добавляемого в количестве 0,05% от а. с. в. и высококатионного низкомолекулярного органического полимера PC9290, добавляемого в количестве 0,05% от а. с. в. Разработанный режим обеспечивает повышение степени удержания наполнителя в структуре бумаги до 71,9% при сохранении физико-механической прочности (разрывная длина 2,38 км).

Литература

1. Хованский В. В., Дубовый В. К., Кейзер П. М. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона: учеб. пособие. СПб.: СПбГТУРП, 2013. С. 70.

2. Исследование влияния химикатов для флокуляции бумажной массы на процесс формования бумаги для печати / Л. Г. Махотина [и др.] // Целлюлоза, бумага, картон. 2002. № 5–6. С. 40–45.

3. Оптимизация средств удержания на бумагоделательной машине бумажной фабрики Palm / Т. Вельт [и др.] // Целлюлоза, бумага, картон. 2004. № 5. С. 60–64.

References

1. Khovanskiy V. V., Dybovyy V. K., Kejzer P. M. *Primeneniye khimicheskikh vspomogatelnykh veshchestv v proizvodstve bumagi i kartona* [The use of chemical additives in production of paper and paperboard]. SPb, SPbGTURP Publ., 2013, p. 70.

2. Mahotina L. G., Mandre T. V., Mandre A. U., Loginov O. A., Teslenko V. V., Akim E. L. Study of the effects for the pulp flocculation in the forming process of paper. *Tselluloza, bumaga, karton* [Pulp, paper, board], 2002, no. 5–6, pp. 40–45 (In Russian).

3. Velt T., Kege J., Kerman N., Virt B. Optimization means of containment on a paper machine at the Palm paper mill. *Tselluloza, bumaga, karton* [Pulp, paper, board], 2004, no. 5, pp. 60–64. (In Russian).

Информация об авторах

Воробьев Антон Дмитриевич – магистрант кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Anthony.sparrows@gmail.com

Жолнерович Наталья Викторовна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: zholnerovich@mail.ru

Николайчик Ирина Владимировна – магистр технических наук, ассистент кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: irihanna@mail.ru

Черная Наталья Викторовна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: v_fleisher@list.ru

Information about the authors

Vorobiov Anton Dmitrievich – Master's degree student, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Anthony.sparows@gmail.com

Zholnerovich Natal'ya Viktorovna – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: zholnerovich@mail.ru

Nikolaichik Irina Vladimirovna – Master of Engineering, assistant lecturer, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: irihanna@mail.ru

Chernaya Natal'ya Viktorovna – DSc (Engineering), Professor, Head of the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v_fleisher@list.ru

Поступила 07.12.2016