

vention [Electronic resource]. – Stockholm, 2016. Mode of access: [http://www.spci.se/shared/files/SPCI\\_forest\\_industry\\_future\\_scenarios\\_FINAL.pdf](http://www.spci.se/shared/files/SPCI_forest_industry_future_scenarios_FINAL.pdf). – Date of access: 03.03.2017.

2 Пузырев, С.С. Ресурсосберегающая технология переработки макулатуры. Часть 2/ С.С. Пузырев // Леспромформ. – 2006. – №5(36). – С. 90–97

3 Handbook of Paper and Board / Herbert Holik. – Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. – 2013. – 992 p.

УДК 676.222 : 676.024.7

И.В. Николайчик, ассист., маг. техн. наук;

А.Д. Воробьев, магистрант;

Н.В. Жолнерович доц., канд. техн. наук;

Н.В. Черная проф., д-р техн. наук;

О.Г. Барашко доц., канд. техн. наук

[nzholnerovich@gmail.com](mailto:nzholnerovich@gmail.com) (БГТУ, г. Минск)

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ХИМИКАТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ГАЗЕТНОЙ БУМАГИ**

Одним из способов повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции и снижения ее себестоимости является рациональное использование химикатов в технологическом процессе производства бумаги. Этому способствует обоснованная оптимизация содержания вспомогательных химикатов на стадии подготовки бумажной массы, основанная на использовании методов математического планирования.

Существующая технология получения газетной бумаги предусматривает использование в качестве волокнистого полуфабриката термомеханической древесной массы, отличающейся повышенным содержанием в ее композиции анионных загрязняющих веществ [1]. Присутствие анионных загрязнений обуславливает снижение эффективности действия применяемых химикатов и приводит к снижению удержания компонентов бумажной массы в процессе формования бумажного полотна. Одним из решений указанной проблемы является применение бинарной системы вспомогательных химических веществ, включающей: первый компонент бинарной системы – высокомолекулярный катионный полиакриламид РС9350, второй компонент бинарной системы – высококатионный низкомолекулярный синтетический органический полимер РС9290 (производитель Solenis (США)).

Организационной основой математического планирования эксперимента являлся план Коно, позволяющий при сравнительно не-

большом количестве опытов получить достоверную информацию о значениях показателей качества в исследуемой области факторного пространства для изучаемого объекта.

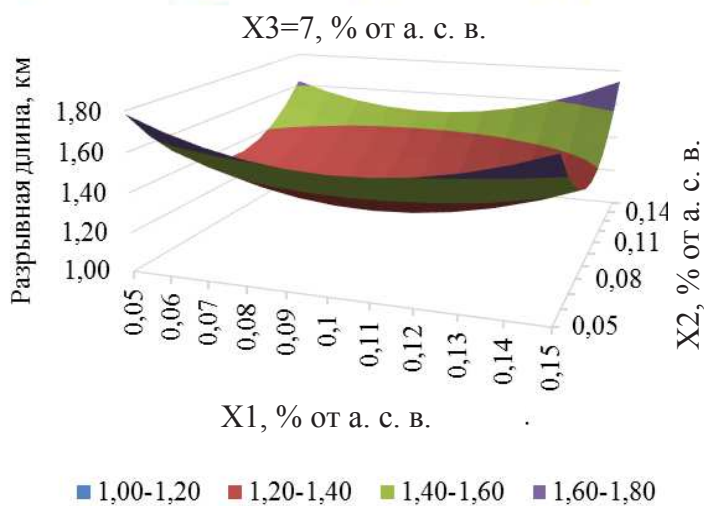
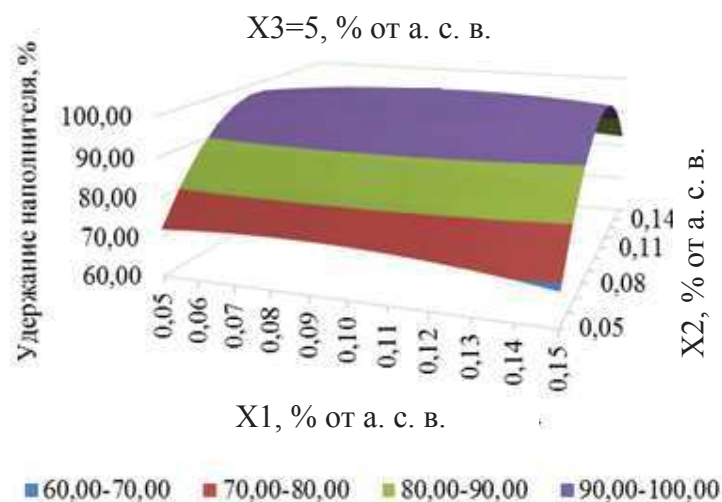
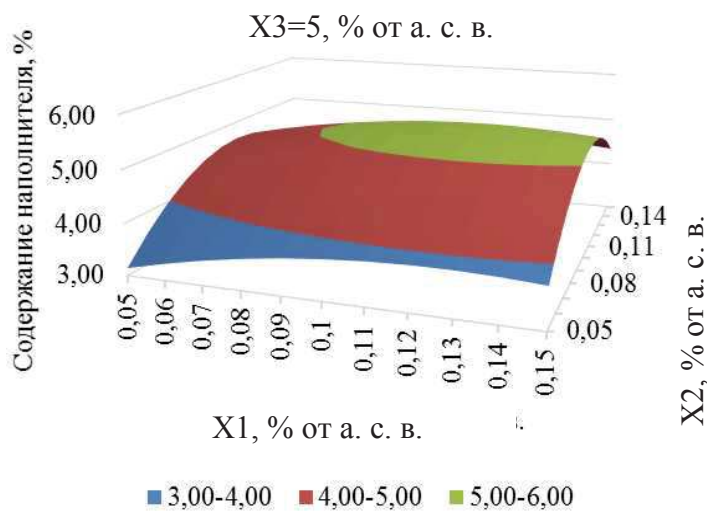
В качестве независимых управляющих переменных (факторов) были выбраны: содержание в композиции бумажной массы первого компонента бинарной системы РС9350 ( $X_1$ , % от а. с. в. – диапазон варьирования 0,05–0,15 % от а.с.в. (шаг 0,05)), содержание второго компонента бинарной системы РС9290 в композиции бумажной массы ( $X_2$ , % от а. с. в. – диапазон варьирования 0,05–0,15% от а.с.в. (шаг 0,05)) и содержание наполнителя ( $X_3$ , % от а. с. в. – диапазон варьирования 3–7% от а.с.в. (шаг 2)). Использование в композиции бумажной массы наполнителя способствует снижению себестоимости бумаги, улучшению ее печатных свойств, а также снижению смоляных затруднений при формовании бумажного полотна, однако существенно отражается на изменении физико-механических свойств газетной бумаги.

После реализации плана эксперимента в лабораторных условиях были получены уравнения регрессии второго порядка с парными взаимодействиями, на основании которых построены двумерные сечения поверхности отклика изменения содержания наполнителя в бумаге ( $Y_1$ , %); степень удержания наполнителя ( $Y_2$ , %) и разрывной длины образцов бумаги ( $Y_3$ , км) в зависимости от содержания в композиции бумажной массы компонентов бинарной системы удержания (рисунок).

Как видно (рис. а и б), при содержании наполнителя в композиции бумажной массы 5% от а. с. в. увеличение содержания второго компонента бинарной системы удержания приводит к экстремальному характеру изменения содержания наполнителя в бумаге и степени его удержания 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 требует строгого соблюдения расходных норм химикатов при практической реализации разрабатываемого технологического режима в промышленных условиях.

Важным аспектом применения полимерных систем (бинарных систем удержания) является комплексная оценка влияния добавляемых химикатов не только на удержание наполнителя, но и на основные функциональные свойства бумаги. Одним из важных показателей качества газетной бумаги, существенно снижающимся при увеличении содержания наполнителя в бумаге, является разрывная длина. Определя-



**Рисунок – Двумерные сечения поверхности отклика изменения содержания наполнителя в бумаге (а), степени удержания наполнителя (б) и разрывной длины (в) образцов газетной бумаги**

ющим фактором в данном случае, при выборе оптимального сочетания расходов компонентов бинарной системы удержания, является компромиссное решение 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. в).

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. Результатом решения задачи оптимизации и достигаемые при этом значения

критериев оптимизации были следующими:  $X_1 = 0,05\%$  от а. с. в.;  $X_2 = 0,05\%$  от а. с. в.;  $X_3 = 3\%$  от а. с. в. Значение частных функций полезности составило:  $Y_2 = 71,9\%$ ;  $Y_3 = 2,38$  км. Значение глобального критерия оптимизации:  $W_i = 0,86$ .

Таким образом, с использованием математического планирования оптимизировано содержание в композиции газетной бумаги компонентов бинарной системы удержания в сочетании с наполнителем. Разработанный режим включает последовательное дозирование высокомолекулярного катионного полиакриламида РС9350, добавляемого в количестве 0,05% от а. с. в. и высококатионного низкомолекулярного органического полимера РС9290, добавляемого в количестве 0,05% от а. с. в. и обеспечивает повышение степени удержания наполнителя в структуре бумаги до 71,9% при сохранении разрывной длины бумаги 2,38 км.

#### ЛИТЕРАТУРА

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

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.

УДК 661.183.2

К.А. Романенко<sup>1</sup>, асп. [kristinaromanencko@yandex.ru](mailto:kristinaromanencko@yandex.ru);

Н.И. Богданович<sup>1</sup>, проф., д-р техн. наук;

Н.С. Шелгунова<sup>1</sup>, магистрант;

И. Н. Третьяков<sup>1</sup>, студ.;

Н.В. Жолнерович<sup>2</sup>, доц., канд. техн. наук

(<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Россия, г. Архангельск; <sup>2</sup>БГТУ, г. Минск)

### **ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ КОРЫ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД С КОН**

Древесные отходы образуются на всех стадиях технологической цепи, начиная от лесозаготовок и заканчивая механической и химической переработкой древесины. К ним можно отнести вершинную часть деревьев, крупные сучья, ветви, кору, корневища сосны, ели, лиственницы, пихты и берёзы. Обычно лесосечные отходы сжигают или утилизируют без дополнительной выгоды.