

СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРОКЛЕЙКИ БУМАЖНОЙ МАССЫ С ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЙ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ

*Хмызов Игорь Анатольевич, Флейшер Вячеслав Леонидович, Ловенецкая Елена
Ивановна*

*Белорусский государственный технологический университет,
кафедра химической переработки древесины, Республика Беларусь*

Целью работы являлось получение математической модели процесса проклейки бумажной массы с применением клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н для последующего аналитического решения компромиссной задачи оптимизации. Исследовалось влияние содержания эмульсии ТМАС-3Н в бумажных массах в интервале 0,2–2,0% от абсолютно сухого волокна (далее – а. с. в.) и степени помола волокнистой суспензии в интервале значений 25–70 °ШР на показатель впитываемости при одностороннем смачивании (далее – впитываемость).

В качестве волокнистого полуфабриката использовали целлюлозу сульфатную беленую хвойную (ГОСТ 9571–89) [1]. Ее подвергали роспуску на дезинтеграторе БМ-3, а затем размолу на ролле в соответствии с ISO 5264/1 до образования волокнистой суспензии со степенью помола 25, 40 и 70°ШР. Степень помола определяли по ГОСТ 14363.4–89 на приборе СР–2Т. Для получения однородного состава по длине волокна волокнистую суспензию подвергали фракционированию на установке «Messer Buche» («Bauer McNett», Великобритания) с фильтрующими сетками сечением 200, 100, 50 и 20 меш, что соответствует 1,19, 0,59, 0,29 и 0,14 мм. В отобранные бумажные массы вводили канифольную эмульсию ТМАС-3Н концентрацией 2% в количестве от 0,2 до 2,0% от а. с. в. Образцы бумаги (элементарные слои картона) с массой 1 м² равного 80 г изготавливали на листоотливном аппарате «Rapid-Ketten» («Ernst Haage», Германия). Гидрофобность образцов бумаги определяли по методу Кобба (ISO 535–91). Используемая в исследовании клеевая канифольная композиция ТМАС-3Н представляет собой пастообразный продукт с содержанием свободных смоляных кислот 42% и сухих веществ 55–65%, полученный частичным омылением гидроксидом натрия смеси модифицированной моноэтаноламином смоляных кислот таловой канифоли и малеинизированной канифоли, с последующей стабилизацией казеинатом аммония. Особенностью клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н по сравнению с традиционно используемыми проклеивающими веществами на канифольной основе является наличие в ее структуре амидов смоляных кислот, полученных модифицированием таловой канифоли моноэтаноламином.

Предварительный анализ экспериментальных данных показал, что традиционно используемые при обработке реализованных планов эксперимента полиномиальные уравнения регрессии не позволяют получить соответствующие реальному протеканию процесса математические зависимости впитываемости от содержания проклеивающей эмульсии ТМАС-3Н в бумажных массах (при фиксированных значениях степени помола). Особенностью фактически полученных значений впитываемости являлось наличие трех характерных участков – вначале плавное, затем интенсивное уменьшение, и затем – снова плавное уменьшение показателя, асимптотически приближающееся к определенному значению впитываемости. Такой характер изменения полиномиальными зависимостями 2–4 степени не отражается.

В нашем исследовании с применением пакета STADIA [2] для показателя «впитываемость» в зависимости от содержания проклеивающей эмульсии ТМАС-3Н были получены адекватные логистические зависимости, имеющие общий вид:

$$Y = b_0 + \frac{b_1}{1 + b_2 e^{b_3 x}} \quad (1)$$

Они достоверно и точно отражают влияние содержания эмульсии ТМАС-3Н на впитываемость (рис.).

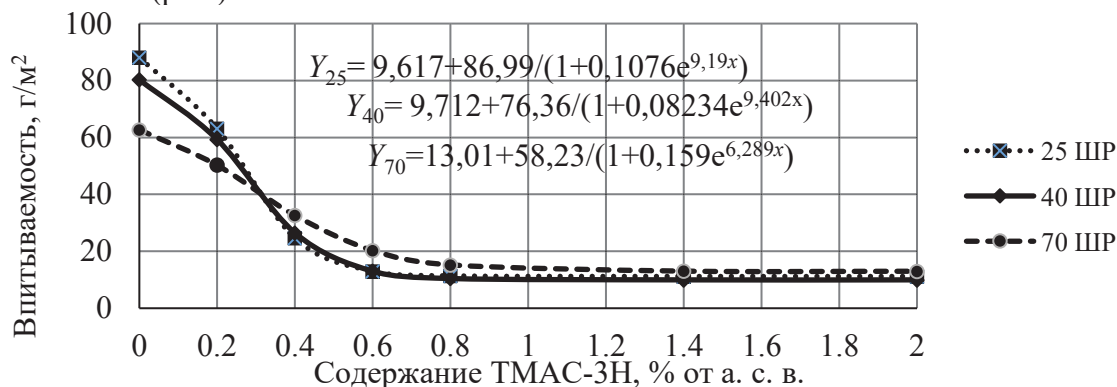


Рис. Аппроксимация результатов исследований с применением логистических уравнений для показателя «впитываемость»

Анализ влияния параметров проклейки на впитываемость образцов в координатах «впитываемость» как функция значений показателя «степень помола» при фиксированных значениях содержания эмульсии ТМАС-3Н показал, что результаты исследований могут быть адекватно описаны полиномами 2-й степени.

Следовательно, полное математическое описание впитываемости при различных степенях помола и содержаниях эмульсии ТМАС-3Н должно состоять из комбинации двух видов уравнений – логистического и полиномиального. Задача комбинирования двух видов уравнений решалась на основании информации, изложенной в [3, стр. 300–302], Нами было выдвинуто следующее предположение: если при постоянном содержании эмульсии ТМАС-3Н характер изменения впитываемости от степени помола имеет полиномиальный характер, то по полиномиальному закону будут изменяться и коэффициенты логистического уравнения, описывающего зависимость впитываемости от содержания эмульсии ТМАС-3Н в бумажных массах. Математическая модель исследуемого объекта будет задаваться системой уравнений

$$\begin{cases} Y = b_0 + \frac{b_1}{1 + b_2 e^{b_3 x_1}} \\ b_i = k_{i0} + k_{i1} x_2 + k_{i2} x_2^2. \end{cases} \quad (2)$$

где Y – впитываемость, г/м²; x_1 – содержание эмульсии ТМАС-3Н, % от а. с. в.; x_2 – степень помола, °ШП.

Выполненный после расчета коэффициентов сопоставительный анализ эмпирических и расчетных значений показателя «впитываемость» показывает, что комбинируя два вида уравнений удалось создать математическую модель, не только с высокой степенью точности численно соответствующую результатам экспериментальных данных но и, главное, достоверно отражающую тенденции изменения показателя «впитываемость» от исследуемых факторов на отдельных участках изменения их значений, чего в данном примере невозможно достичь применяя традиционную методику обработки экспериментальных данных путем получения полиномиальных зависимостей.

Список литературы

1. Флейшер В.Л., Черная Н.В., Шашок Ж.С. Особенности применения эмульсий димеров алкилкетенов и модифицированных смоляных кислот в целлюлозных и макулатурных суспензиях для получения высококачественных видов бумаги и картона // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хімічных навук. – 2022. – Т. 58, – № 2. – С. 237–250.
2. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного статистического анализа данных в среде Windows. STADIA. – Изд. 4-е – М.: Информатика и компьютеры, 2002. – 341 с.: ил.
3. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии: учеб. пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1985. – 327 с.: ил.