

**Материаловедение, формообразующие технологии и оборудование 2022  
(ICMSSTE 2022)**

**16-19 мая 2022 г. Ялта,Россия**

## **Экспресс-корректировка процесса синтеза КМЦ с заданной вязкостью из целлюлозного сырья различного качества**

Н. М. Антонова, д.т.н., профессор

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск



# Состояние проблемы и актуальность работы

## ВЫПУСКАЕМЫЙ ПРОДУКТ-КМЦ

- ✓ Основные поставки осуществляются за пределы региона;
- ✓ Внешние потребители диктуют требования к КМЦ, основное – обеспечить высокую вязкость продукта;
- ✓ В рамках существующей «ценовой войны» стоимость КМЦ расти не должна.

## ИСХОДНОЕ СЫРЬЕ-ЦЕЛЛЮЛОЗА

- ✓ Поставляется преимущественно хлопковая целлюлоза из Узбекистана и древесная из России;
- ✓ Качество древесной целлюлозы низкое, ориентировано на производство бумаги;
- ✓ Произвести из такой целлюлозы КМЦ с высокой вязкостью сложно.

### **Идея работы:**

разработать алгоритм проведения экспресс – корректировки процесса синтеза полимера КМЦ для получения продукции с заданной вязкостью, из целлюлозного сырья различного качества и происхождения

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ: получение технических марок КМЦ с заданной вязкостью**

### **Решаемые задачи:**

1. Установить влияние щелочности алкалицеллюлозы, температуры и времени этерификации КМЦ на ее вязкость (на примере КМЦ марки 75 В);
2. Разработать в IDE Microsoft Visual Studio программу для расчета оптимального режима синтеза КМЦ в условиях ФКП «Комбинат «Каменский»;
3. Продемонстрировать возможность расчета с помощью разработанной программы сочетания параметров синтеза, обеспечивающих заданную вязкость технической КМЦ.

### **Схема отработки процесса изготовления КМЦ с измененной компонентной базой**

#### **Этап 1**

- Планирование эксперимента
- Подготовка и синтез КМЦ
- Регрессионный анализ результатов эксперимента

#### **Этап 2**

- Численный расчет параметров синтеза КМЦ, обеспечивающих заданную потребителем вязкость

#### **Этап 3**

- Изготовление партии КМЦ с измененной компонентной базой

# Результаты работы

Первый этап - планирование эксперимента, получение полинома вида:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j + \sum_{\substack{u,j=1 \\ u \neq j}} b_{uj} x_u x_j$$

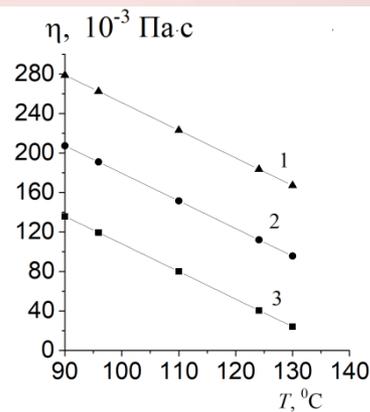
Зависимость вязкости КМЦ:

(а)- от температуры этерификации КМЦ при щелочности 14 % (кривая 1), 13 % (кривая 2), 12 % (кривая 3);

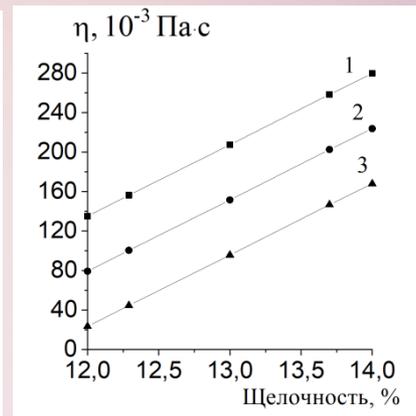
(б)- от щелочности целлюлозы при температуре 90° (кривая 1), 110° (кривая 2), 130° (кривая 3)

Принятая после отсева незначимых коэффициентов модель в безразмерном масштабе:

$$Y_{\eta} = 151,6 - 39,5 \cdot X_1 + 51,1 \cdot X_3$$



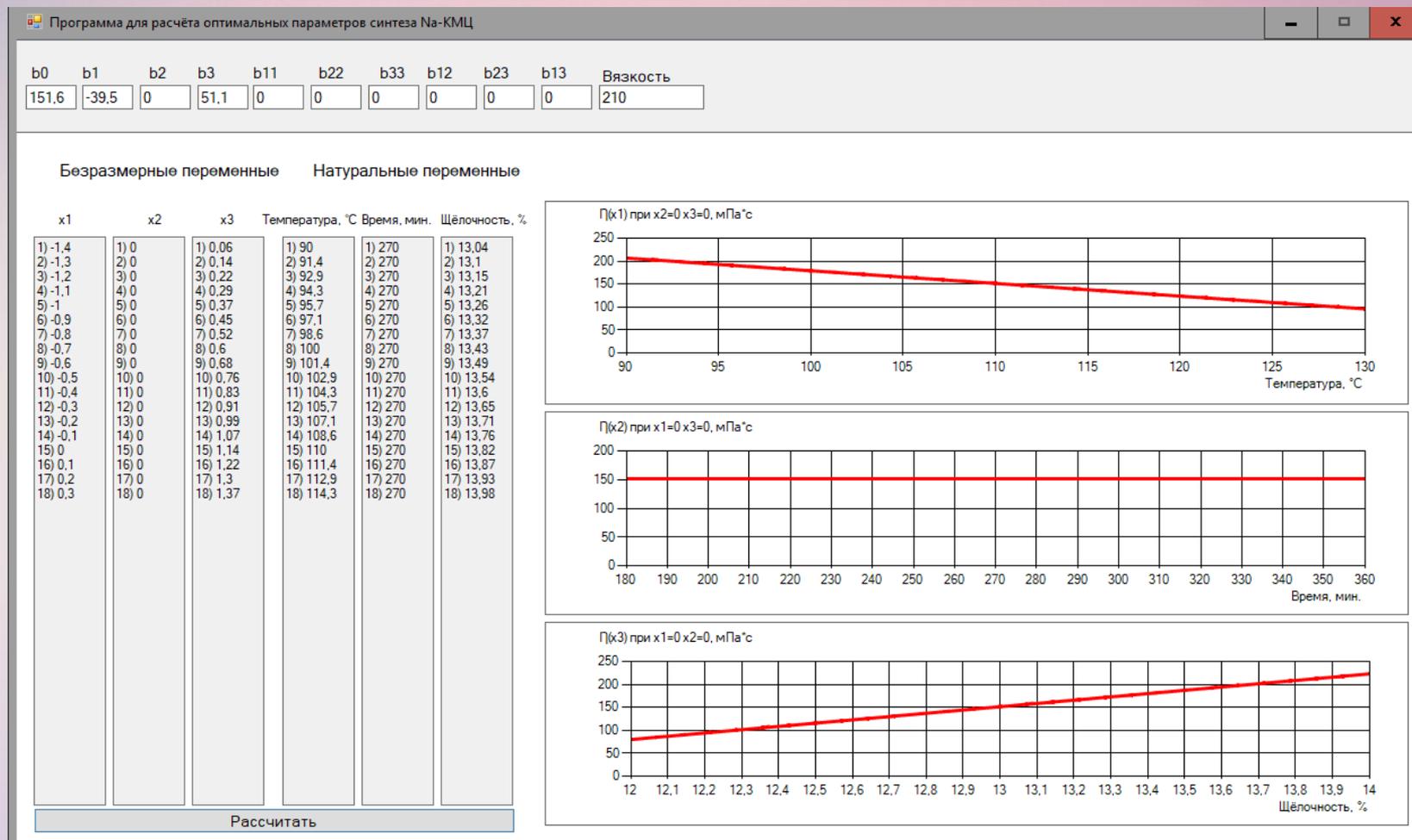
(а)



(б)

Независимые переменные	Z <sub>1</sub> , °C	Z <sub>2</sub> , минуты	Z <sub>3</sub> , %
	Температура этерификации	Продолжительность этерификации	Щелочность алкалицеллюлозы
Область исследования	90,0-130,0	180,0-360,0	12,0-14,0

# Второй этап: пример численного расчета параметров синтеза КМЦ марки 75В для значения динамической вязкости ( $\eta$ ), равной 210 мПа·с



Использование сырья Сясьского ЦБК позволяет получить КМЦ марки 75В с вязкостью в диапазоне: 26-280 мПа·с.

## Третий этап:

- изготовление опытной партии КМЦ с использованием полученных расчетных значений параметров;

- проверка показателей изготовленной продукции на соответствие нормативным требованиям технической документации (ТУ 2231-034-79249837-2006), в том числе вязкость ее 2% водных растворов

### Параметры синтеза КМЦ до и после корректировки режима синтеза

Режимы синтеза, номер	Щелочность целлюлозы (%)	Температура этерификации (°C)	Время этерификации (мин)
1	17,50	46	270
2	13,25	90	270

Наименование показателя	Нормы ТУ 2231-034-79249837-2006	Результаты испытаний КМЦ	
Внешний вид	Измельченный, мелкозернистый, порошкообразный, содержащий волокна от белого до кремового цвета	Режим 1	Режим 2
Массовая доля воды (%), не более	15	13	10,2
Массовая доля основного вещества в абсолютно сухом техническом продукте (%), не менее	45	51	59
Степень замещения по карбоксиметильным группам, не менее	0,65	0,70	0,72
Растворимость (%), не менее	98	98,5	99
- в воде	97	98	98
- в 3 % р-ре NaOH			
Динамическая вязкость 2% раствора, мПа·с	Более 100	170	210
Активность водородных ионов (рН) водного раствора с массовой долей 1% при 20 °С	8-12	9	10
Массовая доля растворимых черных включений (%), не более	0,5	0,2	0,2

# Выводы

- Получена регрессионная модель, связывающая реологическую характеристику «вязкость» водных растворов полимера КМЦ с параметрами его технологического процесса – «температурой этерификации», «продолжительностью процесса» и щелочностью целлюлозы.
- Для численного расчета параметров синтеза, обеспечивающих заданную потребителем величину вязкости растворов КМЦ, в среде IDE Microsoft Visual Studio разработана программа, позволяющая рассчитать параметры синтеза за время порядка 10-20 секунд.
- Совокупное применение модели регрессии и разработанной программы позволяют произвести экспресс - корректировку процесса изготовления КМЦ с заданными характеристиками. Предложенный новый подход значительно сокращает материальные и временные затраты на изготовление КМЦ в условиях крупнотоннажного промышленного предприятия, ориентированного на нефтяную промышленность.

***Благодарю за внимание!***