

# Сравнительный анализ дискретно-непрерывной и разностной модели теплообменных процессов в ректификационной колонне

Сердитов Ю.Н., профессор, д.т.н. Душин С.Е., ассистент, к.т.н. Абрамкин С.Е.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"

## Цель исследования:

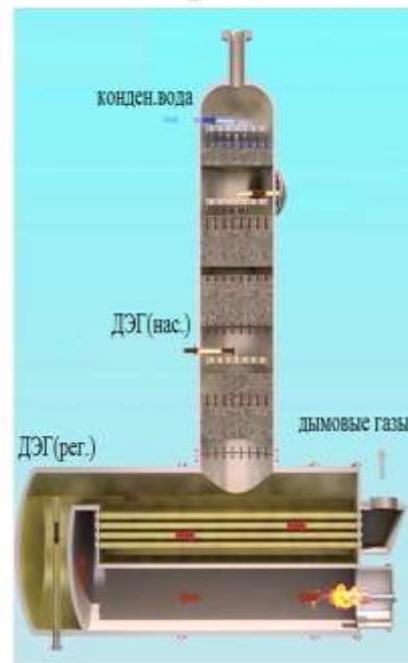
Сравнительный анализ дискретно-непрерывной и разностной моделей теплообменных процессов в ректификационной колонне.

## Задачи исследования:

- Разработка разностных математических моделей, отображающих реальные тепловые процессы в подсистеме «Ректификация».
- Разработка алгоритма на языке программирования C++.
- Сравнительный анализ разностных схем.
- Сравнительный анализ методов моделирование теплообменных процессов с использованием программного средства MATLAB/Simulink и разработанного программного модуля.

## Описание технологического процесса

- В ректификационную колонну поступает насыщенный диэтиленгликоль при температуре 158...164 градуса по Цельсию для отделения паров воды от диэтиленгликоля. В колонне расположены 4 секции массообменных насадок и 3 распределительные тарелки.
- Для обеспечения обратного оттока жидкости по сравнению с нормальным её движением, сверху колонны поступает конденсационная вода (рефлюкс). В колонне происходят массо- и теплообменные процессы, описываемые в общем виде законом Фурье-Кирхгофа, которые необходимо регулировать.



- Анализ этих технологических процессов построен на основе дискретно-непрерывного метода динамической математической модели. Все вычисления и моделирование процессов производится в инженерно-математическом пакете MATLAB/Simulink.
- Для учёта продольного перемешивания фаз в процессах теплообмена необходимо разрабатывать более сложные и объёмные модели.
- Продольное перемешивание фаз в процессах теплообмена не учитывается.

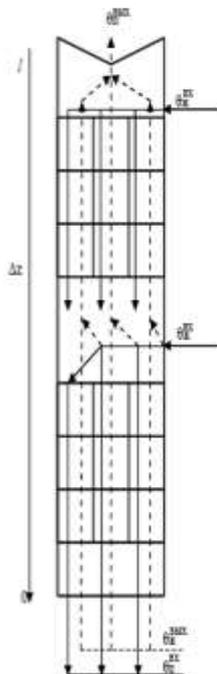


Схема противоточного теплообмена в РК

Исходная математическая модель в форме дифференциальных уравнений в частных производных [1]:

$$\frac{\partial \theta_n}{\partial t} = \left( \frac{V_m \bar{G}_n (\theta_0 + \theta_n) P_0}{0.785 \theta_y P_y D^2} \right) \frac{\partial \theta_n}{\partial z} - R_{\text{см}} (\theta_n - \theta_x) \quad (1)$$

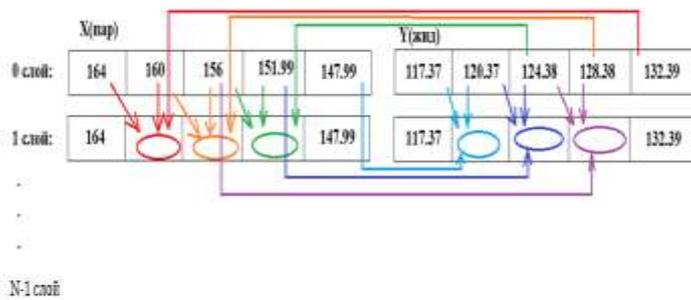
$$\frac{\partial \theta_x}{\partial t} = v_x \frac{\partial \theta_x}{\partial z} + R_{\text{отх}} (\theta_n - \theta_x)$$

Приведение системы уравнений (1) к разностной схеме:

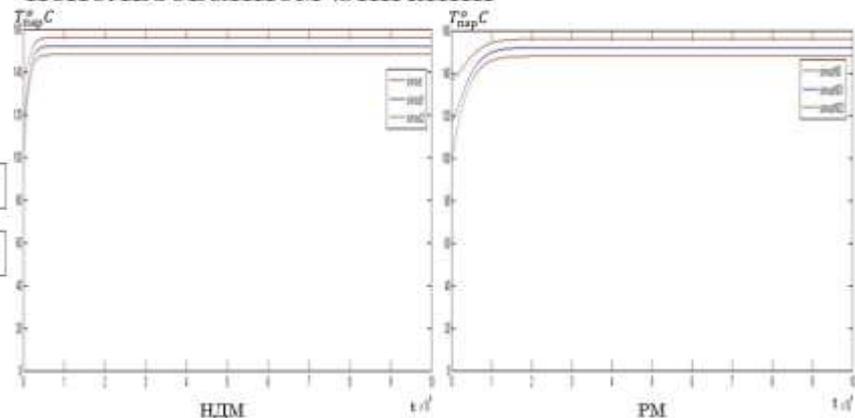
$$X_i^{n+1} = X_i^n (-\gamma + 1 - R_{\theta_n} \tau) + \gamma X_{i-1}^n + R_{\theta_n} \tau Y_j^n ;$$

$$Y_j^{n+1} = Y_j^n (-\gamma + 1 - R_{\theta_n} \tau) + \gamma Y_{j-1}^n + R_{\theta_n} \tau X_i^n ,$$

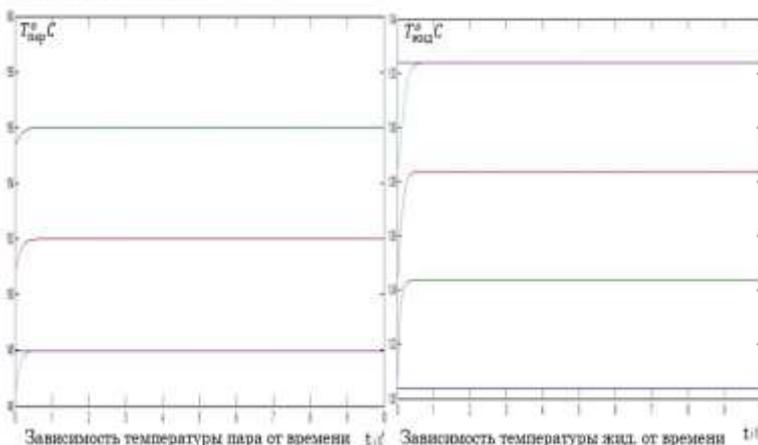
## Один из методов формирования разностной схемы



## Результаты моделирования процесса с использованием Simulink



## Графики температуры пара и жидкости построенные с помощью разработанной программы



## Графики процессов с использованием разработанного программного модуля



## Выводы

- Графики полученные в программном модуле адекватны рассматриваемой установке.
- В разработанном программном модуле время построения графиков значительно меньше по сравнению с построением в математическом пакете Simulink.
- В результате предложен новый метод моделирования технологических процессов, более быстрый и простой в реализации, в модернизации.