

**Сенотова Светлана Анатольевна,**  
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: senotova\_sa@mail.ru

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛА БРОМИСТОГО

Senotova S.A.

## MATHEMATICAL MODEL FOR PRODUCING ETHYL BROMIDE

**Аннотация.** Рассмотрен процесс получения этила бромистого. Записана математическая модель. Получена зависимость скорости слива серной кислоты от времени и от температуры, которая позволяет управлять температурным режимом реактора.

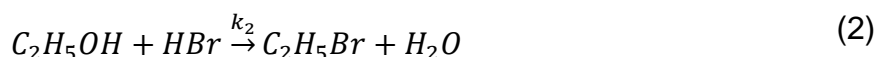
**Ключевые слова:** этил бромистый, математическая модель, управление температурным режимом.

**Abstract.** The process of producing ethyl bromide was considered. A mathematical model is recorded. A dependence of the sulphuric acid discharge rate on time and temperature is obtained, which allows controlling the temperature regime of the reactor.

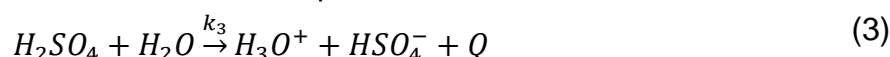
**Keywords:** ethyl bromide, mathematical model, temperature control.

Этил бромистый технический применяется в фармацевтической промышленности в производстве барбитуровых препаратов, в производстве этиловой жидкости.

Основные реакции технологического процесса



Реакция гидратации



Согласно регламенту 75-процентная серная кислота идет на образование этила бромистого, а прилив 92-процентной серной кислоты необходим для поднятия температуры в реакторе.

Введем обозначения:  $C_i(t)$  – концентрация  $i$ -го вещества;  $\rho_i$  – плотность  $i$ -го вещества;  $c_{pi}$  – теплоемкость  $i$ -го вещества;  $q_i$  – подача или отвод  $i$ -го вещества;  $c_p$  – теплоемкость смеси;  $\rho$  – плотность смеси;  $V(t)$  – объем смеси. В этих обозначениях индексы соответствуют следующим веществам: 1 –  $NaBr$ ; 2 –  $HBr$ ; 3 –  $C_2H_5OH$ ; 4 –  $H_2O$ ; 51 –  $H_2SO_4$  – 75%; 52 –  $H_2SO_4$  – 92%; 6 –  $C_2H_5Br$ .

Запишем уравнения материального и теплового балансов:

$$\frac{dC_1}{dt} = -k_1 C_1^2 C_{51} \quad (4)$$

$$\frac{dC_2}{dt} = k_1 C_1^2 C_5 - k_2 C_2 C_3 \quad (5)$$

$$\frac{dC_3}{dt} = -k_2 C_2 C_3 \quad (6)$$

$$\frac{dC_4}{dt} = k_2 C_2 C_3 - k_3 C_4 C_{52} \quad (7)$$

$$\frac{dC_{51}}{dt} = -k_1 C_1^2 C_{51} \quad (8)$$

$$\frac{q_{52} C_{520}}{V(t)} = k_3 C_4 C_{52} \quad (9)$$

$$\frac{dC_6}{dt} = k_2 C_2 C_3 - \frac{q_6 C_6}{V(t)} \quad (10)$$

$$c_p \rho V(t) \frac{dT}{dt} = q_{52} c_{p5} \rho_5 T_{520} + V(t) Q k_3 C_4 C_{52} - q_6 c_{p6} \rho_6 T \quad (11)$$

Запишем уравнение (11) с учетом уравнения (9)

$$c_p \rho V(t) \frac{dT}{dt} = q_{52} c_{p5} \rho_5 T_{520} + q_{52} C_{520} Q - q_6 c_{p6} \rho_6 T \quad (12)$$

Управлять сливом 92-процентной серной кислоты нужно таким образом, чтобы температура в реакторе поднималась равномерно. По экспериментальным данным

$$\frac{dT}{dt} = 0,3 \text{ град/мин} \quad (13)$$

$$q_6 = \frac{q_{52}}{4} \quad (14)$$

$$V(t) = V_0 + \frac{3}{4} q_{52} t \quad (15)$$

Подставим формулы (13), (14) и (15) в формулу (12) и получим зависимость скорости слива 92-процентной серной кислоты от времени и от температуры

$$q_{52} = \frac{0,3 V_0 c_p \rho}{c_{p5} \rho_5 T_{520} + C_{520} Q - 0,25 c_{p6} \rho_6 T - 0,225 c_p \rho t} \quad (16)$$

Формула (16) хорошо согласуется с экспериментальными данными и позволяет управлять тепловым режимом реактора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Вольтер Б.В.** Устойчивость режимов работы химических реакторов / Вольтер Б.В., Сальников И.Е. – Москва: "Химия", 1981. – 200 с.