

**АКАДЕМИЯ НАУК СССР**  
**НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**  
**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР**  
**ИНСТИТУТ КИБЕРНЕТИКИ АзССР**

**ПРЕПРИНТ**

**Н.С.АЛИ-ЗАДЕ, М.КАТАКИШИЕВА, Ф.Г.КУЛИЕВ,**  
**А.М.МОЛЧАНОВ**

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**  
**ГИДРОДИНАМИКИ ТАРЕЛКИ**  
**РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ**  
**С ДВУМЯ КОЛПАЧКАМИ**

**ПУЩИНО • 1980**

Рассмотрена упрощенная модель тарелки ректификационной колонны с двумя колпачками. Найдены нетривиальные (колебательные) режимы работы такой системы при стационарном входе. Поставлен вопрос о неоптимальности стационарных режимов эксплуатации ректификационных колонн.

Развитие нефтехимической и газовой промышленности требует новых форм ведения процессов и аппаратов большой единичной мощности и высокой эффективности. Особенно интенсивно ведутся работы по разработке различной массообменной аппаратуры. Экспериментаторами замечено, что при появлении в массообменных аппаратах пульсационных режимов повышается их эффективность. Выявление и исследование таких режимов на установках нелегко из-за технических трудностей, связанных с технической реализацией этих экспериментов. Большие возможности для подобных исследований открывают математические модели, составленные с учетом основных физических закономерностей процесса. В теоретических работах /1-3/ на ряде модельных задач показаны условия, при которых в ректификационной колонне возникают автоколебательные режимы.

В работе /4/ предложена математическая модель гидродинамики одноколпачковой тарелки ректификационной колонны. На этой модели было показано, что при определенных значениях входных потоков гидродинамике такой тарелке присущи автоколебательные режимы. В зависимости от значений параметров были получены следующие типы режимов: колебания уровня жидкости под колпачком малы, и прорезы колпачка не закрываются; амплитуда колебания уровня жидкости под колпачком такова, что прорезы его то закрываются, то открываются. Было высказано предположение, что можно получить более богатую картину гидродинамических режимов, если рассмотреть тарелку ректификационной колонны с двумя колпачками.

Целью настоящей работы являлось численное исследование на математической модели гидродинамики тарелки ректификационной колонны с двумя колпачками. Схема потоков рассматриваемой нами задачи дана на рис. 1. Здесь  $h_{ki}$  - вы-

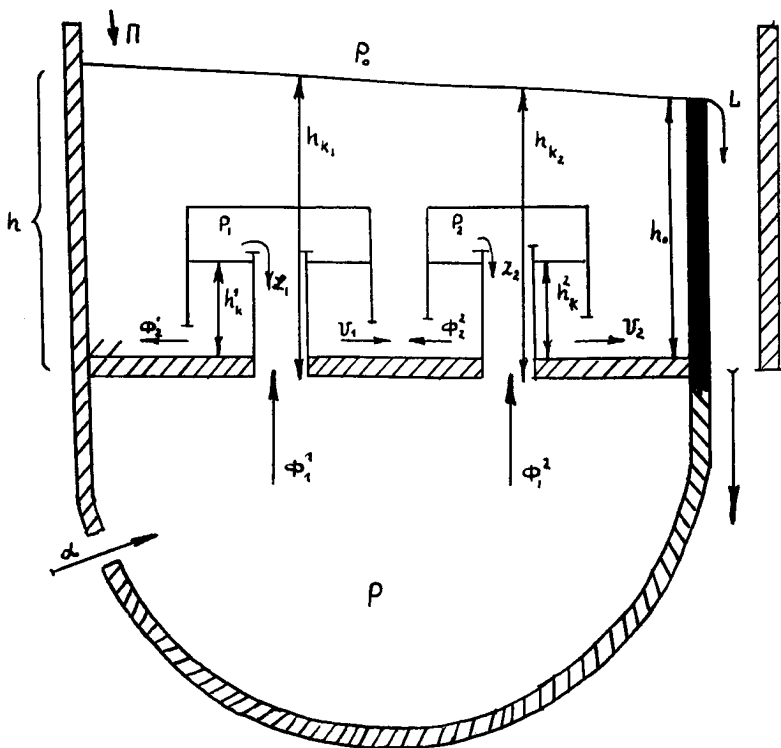


Рис. 1

сота жидкости над  $i$ -м колпачком,  $L$  - количество жидкости, переливающейся через сливную перегородку,  $z_i$  - количество жидкости, переливающейся через патрубок  $i$ -го колпачка,  $\phi_1^i$  - количество газа, поступающего из межтарельчатого пространства под  $i$ -й колпачок,  $\phi_2^i$  - количество газа, проходящего через прорези  $i$ -го колпачка на тарелку.

В отличие от модели одноколпачковой тарелки /4/ предполагается, что газ подается в межтарельчатое пространство и оттуда распределяется по колпачкам. Сверху на тарелку подается жидкость  $\Pi$ . Ввиду того, что рассматривается модельная задача для одной тарелки, принимаем, что давление на тарелку сверху постоянно.

Так же, как и в /4/, рассматриваем изменение уровня жидкости на тарелке  $h$ , изменение уровня жидкости под каждым колпачком  $h_i$ , изменение давления пара под каждым колпачком  $P_i$ , изменение скорости жидкости, вытекающей из-под колпачков  $U_i$ , изменение давления газа в межтарельча-

том пространстве  $P$ . Существенным в этой модели является учет того факта, что уровень жидкости над колпачками различен. Именно это дает возможность получить на модели качественно более богатую картину гидродинамических режимов тарелки ректификационной колонны.

Гидродинамика тарелки с двумя колпачками описывается следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{h} = \alpha_1 (U_1 + U_2) + \Pi - L \\ \dot{h}_1 = -\alpha_1 U_1 - \lambda_1 \\ \dot{h}_2 = -\alpha_1 U_2 - \lambda_2 \\ \varepsilon \dot{U}_1 = \alpha_3 (h_1 - h_{k1}) + \alpha_4 (P_1 - P_0) - \alpha_5 U_1 |U_1| \\ \varepsilon \dot{U}_2 = \alpha_3 (h_2 - h_{k2}) + \alpha_4 (P_2 - P_0) - \alpha_6 U_2 |U_2| \\ \varepsilon \dot{P}_1 = \Phi_1^1 - \Phi_2^1 \\ \varepsilon \dot{P}_2 = \Phi_1^2 - \Phi_2^2 \\ \varepsilon \dot{P} = \alpha - (\Phi_1^1 + \Phi_2^2) \end{cases} \quad (1)$$

Механизмы  $L$ ,  $\lambda_i$ ,  $\Phi_1^i$  и  $\Phi_2^i$  определяются по следующим формулам:

$$L = \begin{cases} \kappa_2 (h - h_0)^{3/2}, & \text{если } h > h_0 \\ 0, & \text{если } h \leq h_0 \end{cases}$$

$$\lambda_i = \begin{cases} \kappa_i (h_i - H)^{3/2}, & \text{если } h_i > H \\ 0, & \text{если } h_i \leq H \end{cases}$$

$$\Phi_1^i = \begin{cases} \kappa_3 \sqrt{\rho - \rho_i}, & \text{если } \rho > \rho_i \\ \kappa_3 \sqrt{\rho_i - \rho}, & \text{если } \rho \leq \rho_i \end{cases}$$

$$\Phi_2^i = \begin{cases} \alpha_3 (c - h_i \sqrt{\rho_i - \rho}), & \text{если } c > h_i \\ 0, & \text{если } c \leq h_i \end{cases}$$

В этих формулах  $h_0$  - высота сливной перегородки тарелки,  $H$  - высота патрубка колпачка,  $c$  - высота прорезей колпачка.

В процессе работы уровень жидкости, находящейся под колпачком, меняется и в зависимости от этого колпачок может работать в следующих основных режимах.

1. Уровень жидкости под колпачком колеблется между верхним краем прорезей колпачка и верхним краем патрубка. В этом случае жидкость не переливается через патрубок, а газ не проходит через прорези колпачка на тарелку. Колпачок закрыт.

2. Уровень жидкости ниже прорезей колпачка. Колпачок открыт.

3. Уровень жидкости превышает верхний край патрубка, и жидкость переливается через патрубок вниз.

В зависимости от значений параметров  $\Pi$  и  $\alpha$  возможны различные комбинации указанных выше режимов.

Система (1) исследовалась на ЭВМ в двух направлениях: исследовалась зависимость режимов работы тарелки ректификационной колонны от конструктивных параметров ее и при заданных конструктивных параметрах тарелки исследовались возможные ее гидродинамические режимы в зависимости от величин параметров  $\Pi$  и  $\alpha$ .

Под изменением конструктивных параметров тарелки мы подразумеваем изменение распределения слоя жидкости над колпачками. Как уже отмечалось, при работе ректификационной колонны на тарелке жидкость над колпачками распределяется неравномерно. Нашей целью было выяснить, как влияет изменение разности высот  $h_{\kappa_1} - h_{\kappa_2}$  на гидродинамический режим тарелки. Для этого при определенных значениях параметров  $\Pi$  и  $\alpha$  сначала задавались  $h_{\kappa_1} = h_{\kappa_2} = h$ . В этом случае на модели двухколпачковой тарелки были получены такие же гидродинамические режимы, как и для одноколпачковой тарелки, то есть значения всех переменных для обоих колпачков менялись одинаково, прорези колпачков открывались и закрывались одновременно. Затем уровни жидкости над колпачками задавались как линейные функции от  $h$ :

$$\begin{aligned} h_{\kappa_1} &= h - \kappa_1(h - h_0) \\ h_{\kappa_2} &= h - \kappa_2(h - h_0). \end{aligned} \quad (2)$$

При этом колебательные решения системы (1) сохранялись, но с увеличением разности  $h_{\kappa_1} - h_{\kappa_2}$  (то есть при  $\kappa_1 \rightarrow 0$ ,  $\kappa_2 \rightarrow 1$ ) амплитуда и период колебаний уровней жидкости на тарелке и под колпачками, а также давление газа под колпачками и в межтарельчатом пространстве увеличивались. Прорези обеих колпачков с некоторым запозданием относительно друг друга продолжали открываться-закрываться. При  $\kappa_1 = 0$  и  $\kappa_2 = 1$  уровень жидкости под первым колпачком становится больше  $H$  (высота патрубка колпачка), и жидкость начинает просачиваться через этот колпачок, амплитуда же колебаний жидкости под вторым колпачком вырастает не так сильно, и прорези его продолжают то открываться, то закрываться. Таким образом, неравномерность распределения уровня жидкости над колпачками приводит к то-

му, что при заданных постоянных значениях потоков  $\Pi$  и  $\alpha$  колпачки тарелки работают в разных гидродинамических режимах.

При исследовании второй части поставленной задачи величины  $K_1$  и  $K_2$  задавались постоянными, менялись значения параметров  $\Pi$  и  $\alpha$ . На рис. 2 дан структурный портрет системы (1).

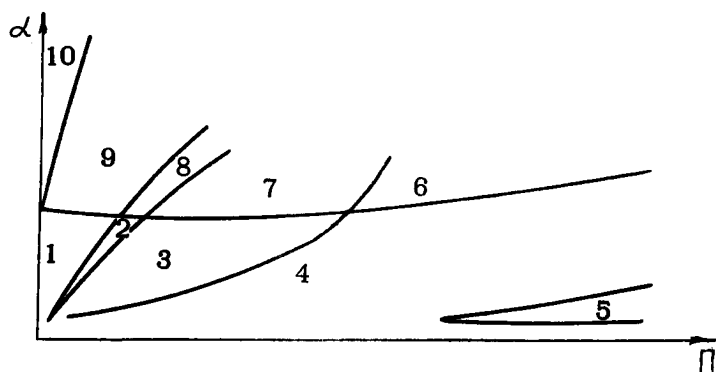


Рис. 2

Получено, что во всей плоскости параметров, кроме  $\alpha=0$ , гидродинамические потоки в обоих колпачках тарелки находятся в автоколебательном режиме, но в зависимости от областей эти автоколебательные режимы различны. В области 1 прорези обоих колпачков открываются и закрываются. В области 2 уровень жидкости под первым колпачком колеблется, но амплитуда его такова, что прорези не открываются. Амплитуда колебания уровня жидкости под вторым колпачком больше, и прорези его периодически открываются. В области 3 уровень жидкости под первым колпачком становится больше  $H$ , и жидкость периодически просачивается через первый колпачок, а под вторым колпачком уровень жидкости всегда меньше  $H$  и колеблется так, что прорези этого колпачка периодически открываются.

В областях 7-9 и 10 амплитуда колебаний уровня жидкости под вторым колпачком так мала, что прорези его не закрываются. В области 9 амплитуда колебания уровня жидкости под первым колпачком растет, и прорези его периодически открываются. В области 8 уровень жидкости под ним

колеблется между высотой прорезей и высотой парубка колпачка. В области 7 жидкость под первым колпачком периодически просачивается через патрубок.

В областях 4–6 уровень жидкости под первым колпачком колеблется, оставаясь все время выше верхнего края патрубка (жидкость все время просачивается), а уровень жидкости под вторым колпачком колеблется в области 6, оставаясь ниже прорезей колпачка, в области 4 прорези его периодически открываются, в области 5 жидкость периодически просачивается через его патрубок.

Таким образом, на модели двухколпачковой тарелки ректификационной колонны нами получены интересные типы возможных гидродинамических режимов, дальнейшее исследование которых позволит пересмотреть существующие системы управления и откроет возможности перехода к работе ректификационных колонн в нестационарных режимах.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Али-заде Н.С. Критические режимы в ректификационных колоннах. Автореф. дисс., Баку, 1975.
2. Искандер-заде З.А. Критические режимы движения встречных потоков жидкости и газа. – Изв. АН АзССР, 1977, № 3.
3. Искандер-заде З.А. О пульсационных режимах процесса ректификации. – Изв. АН АзССР, 1978, № 3.
4. Али-заде Н.С., Атакишиева М.К., Искандер-заде З.А. Одна математическая модель динамики материальных потоков одноколпачковой тарелки ректификационной колонны. – Изв. АН АзССР, 1980, № 2.



Н.С.Али-заде, М.К.Атакишиева, Ф.Г.Кулиев, А.М.Молчанов

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ  
ТАРЕЛКИ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ  
С ДВУМЯ КОЛПАЧКАМИ

Отредактировано и подготовлено к печати в Отделе научно-  
технической информации НШБИ

Редактор Р.Г.Цветнишкая  
Технический редактор С.М.Ткачук  
Корректоры Т.К.Крейцер, Л.М.Орлова

Подписано в печать 2/VI-80 г. Т07967  
Уч.-изд. л. 0,25. Физ. печ.л. 0,4. Формат 60x90/16  
Тираж 150 экз. Заказ 437Р. Бумага офсетная.  
Бесплатно. Изд. №116.

Отпечатано на ротапринте в Отделе научно-технической  
информации Научного центра биологических исследований  
АН СССР в Пушкине.

