

УДК 66.048.3

Ульянов Борис Александрович,
д.т.н., профессор, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: xtt-agta@yandex.ru
Евсеева Дарья Викторовна,
магистрант кафедры ХТТ, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: dahana93-18@mail.ru

ОБЛАСТЬ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ КЛАПАННЫХ ТАРЕЛОК

Ulyanov B.A., Evseeva D.V.

THE AREA OF EFFECTIVE OPERATION OF VALVE PLATES

Аннотация. Выполнено сравнение результатов расчета области эффективной работы клапанных тарелок по двум методикам.

Ключевые слова: тарелки клапанные, область работы.

Abstract. The results of calculating the effective operation area of valve plates are compared using two methods.

Keywords: valve plates, area of work.

В работах [1, 2] были рассмотрены вопросы выделения 1,3-бутадиена из бутен-дивинильной фракции (БДФ) АО «Ангарский завод полимеров» (АО «АЗП»). Был выполнен расчет основной колонны, разделяющей БДФ на два обогащенных сырьевых потока. Колонну предлагается оснастить двухпоточными клапанными тарелками, характеристика которых представлена в таблице 1.

Необходимо было определить диапа-

зон устойчивой работы тарелок, т.е. минимально и максимально допустимые скорости пара в отверстиях тарелок, соответственно, $W_{0 \text{ MIN}}$ и $W_{0 \text{ MAX}}$. С этой целью были использованы две методики расчета [3, 4].

Первая из них базируется на использовании номограммы, построенной путем обобщения экспериментальных данных (рисунков 1). Вторая также имеет эмпирический характер. Она требует сведения о размерах клапанов и отверстий (таблица 2).

Таблица 1 – Основные параметры двухпоточных клапанных тарелок

| № п/п | Наименование параметра, его обозначение и размерность | Шаг размещения клапанов, t, мм | |
|-------|---|--------------------------------|--------|
| | | 50 | 75 |
| 1 | Диаметр тарелки, D, мм | 1800 | |
| 2 | Масса тарелки, m, кг | 270 | |
| 3 | Свободное сечение колонны S_K , м ² | 2,55 | |
| 4 | Рабочее сечение тарелки, S_R , м ² | 1,72 | |
| 5 | Периметр слива, l_w , мм | 2×1200 | |
| 6 | Сечение перелива, $S_{ПР}$, м ² | 0,38 | |
| 7 | Расстояние между тарелками, H_{MT} , мм | 400 | |
| 8 | Диапазон устойчивой работы тарелки, $W_{0 \text{ MAX}}/W_{0 \text{ MIN}}$ | 3,5 | |
| 9 | Относительное свободное сечение, f_C | 0,0809 | 0,0514 |
| 10 | Количество клапанов, $n_{КЛ}$, шт. | 164 | 104 |
| 11 | Количество рядов клапанов, n_P | 6 | 4 |

Таблица 2 – Дополнительные данные, необходимые для использования методик расчета

| № п/п | Наименование параметра, его обозначение и размерность | Значение |
|-------|--|----------|
| 1 | Плотность пара, $\rho_{\text{п}}$, кг/м ³ | 9,8 |
| 2 | Плотность жидкости, $\rho_{\text{ж}}$, кг/м ³ | 692 |
| 3 | Относительная плотность жидкость, $\rho_{\text{ж}}' = \rho_{\text{ж}}/1000$ | 0,692 |
| 4 | Диаметр отверстия, $d_{\text{о}}$, м | 0,04 |
| 5 | Диаметр клапана, $d_{\text{кл}}$, м | 0,048 |
| 6 | Масса клапана $m_{\text{кл}}$, кг | 0,035 |
| 7 | Ширина щели под клапаном, $\delta_{\text{щ}}$, м | 0,0025 |
| 8 | Расход жидкости, $V_{\text{ж}}$, м ³ /с | 0,036 |
| 9 | Нагрузка жидкости на сливную перегородку, $L_{\text{в}}$, м ³ /(м·ч) | 54 |

При работе клапанных тарелок можно выделить три характерных области (рисунок 2).

При малых скоростях пара клапан неподвижен и прикрывает собой отверстия, оставляя узкую щель для прохода пара (область I).

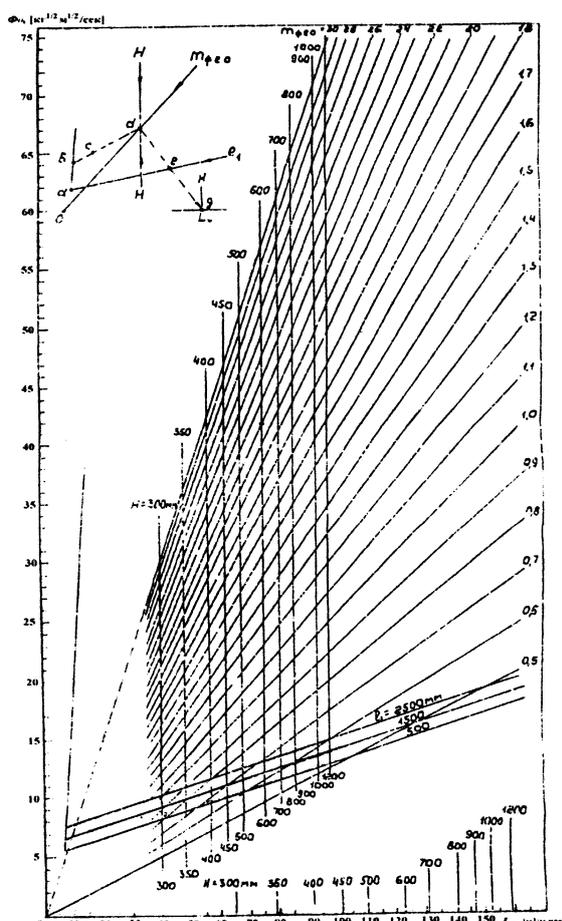


Рисунок 1 – Номограмма для определения фактора пара

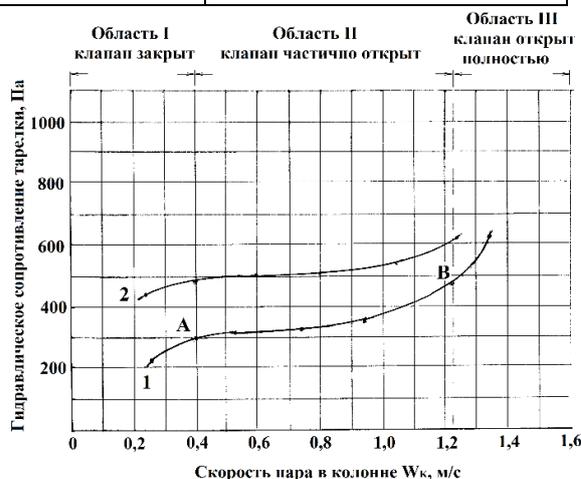


Рисунок 2 – Типичное изменение гидравлического сопротивления сухой (1) и орошаемой (2) клапанных тарелок

Гидравлическое сопротивление тарелки в этой области резко возрастает с увеличением скорости пара. В то же время рост сопротивления орошаемой тарелки менее интенсивен.

При достижении некоторой скорости (точка А) клапан приподнимается, увеличивая проход пара. Темпы роста гидравлического сопротивления заметно снижаются как для сухой, так и для орошаемой тарелок.

Повышение скорости пара в области II приводит к большему подъему клапанов и, как следствие, к увеличению сечения для прохода пара.

В точке В степень открытия клапана достигает максимального значения и дальнейшее увеличение скорости пара приводит к более интенсивному росту гидравлического сопротивления.

При проектировании колонн важно

определить критические скорости пара в отверстиях тарелки: минимальную $W_{0\text{MIN}}$, соответствующую началу подъема клапана (пункт А) и максимальную $W_{0\text{MAX}}$, соответствующую полному подъему клапана (пункт В).

В работе [3] с помощью номограммы определяли фактор пара Φ в зависимости от размеров клапана, нагрузки жидкости на сливную перегородку L_w , $\text{м}^3/(\text{м}\cdot\text{ч})$ и длины сливной перегородки l_w . В нашем случае $\Phi = 7,5$. Минимальная скорость пара в отверстиях находится по уравнению:

$$W_{0\text{MIN}} = \Phi / \sqrt{\rho_{\text{П}} / \rho'_{\text{Ж}}}, \text{ м/с} \quad (1)$$

Максимальная скорость пара в отверстиях определяется, исходя из диапазона устойчивой работы тарелки:

$$W_{0\text{MAX}} = W_{0\text{MIN}} \cdot 3,5 \quad (2)$$

В работе [4] эта задача была решена с помощью корреляций, включающих геометрические характеристики клапанов и отверстий.

При этом рассчитываются:

– площадь сеч. клапана: $f_{\text{КЛ}} = 0,785 \cdot d_{\text{КЛ}}^2$; (3)

– площадь сеч. отверстия: $f_0 = 0,785 \cdot d^2_o$; (4)

– площадь сеч. щели: $f_{\text{Щ}} = \pi \cdot d_{\text{КЛ}} \cdot \delta_{\text{Щ}}$ (5)

– максимальное сечение для прохода пара:
 $f_{\text{КЛMAX}} = 1,025 \cdot f_0$ (6)

На основе этих данных формируются комплексы:

$$K_1 = 3500 \cdot (f_{\text{Щ}} / f_0)^{-1,2} \quad (7)$$

$$K_2 = 6,71 \cdot (f_0 / f_{\text{КЛ}})^{-2,49} \cdot e^{5,91 \cdot (f_0 / f_{\text{КЛ}})} \quad (8)$$

$$K_3 = 920 \cdot (f_{\text{КЛMAX}} / f_0)^{-2,95} \quad (9)$$

$$K_4 = 2160 \cdot (f_{\text{КЛMAX}} / f_0)^{-0,8} \quad (10)$$

Минимальная скорость пара в отверстиях (пункт А) рассчитывается по уравнению:

$$W_{0\text{MIN}} = 0,9 \sqrt{\frac{K_2 \cdot m_{\text{КЛ}} \cdot g}{K_1 \cdot \rho_{\text{П}} \cdot f_0}} \quad (11)$$

Максимальная скорость пара в отверстиях (пункт В) рассчитывается по уравнению:

$$W_{0\text{MAX}} = 0,9 \sqrt{\frac{K_2}{(K_4 - K_3)} \cdot \frac{m_{\text{КЛ}} \cdot g}{\rho_{\text{П}} \cdot f_0}} \quad (12)$$

Как следует из таблицы 3, максимальные скорости пара в отверстиях тарелки, при которой наступает полное открытие клапана оказались практически одинаковыми при расчете по обоим методикам. Расхождение минимальных скоростей пара в отверстиях тарелки не слишком велики и могли быть связаны с погрешностью выбора значения фактора пара Φ по диаграмме.

Результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета

| № п/п | Наименование параметра, его обозначение и размерность | Значение |
|-------------------------------|---|-----------------------|
| Расчет по методике [3] | | |
| 1 | Значение фактора пара Φ (диаграмма, рис. 1) | 7,5 |
| 2 | Минимальная скорость пара $W_{0\text{MIN}}$, м/с (ур. 1) | 2,0 |
| 3 | Максимальная скорость пара $W_{0\text{MAX}}$, м/с (ур. 2) | 7,0 |
| Расчет по методике [4] | | |
| 1 | Площадь сечения клапана, $f_{\text{КЛ}}$, м^2 (ур. 3) | $18,09 \cdot 10^{-4}$ |
| 2 | Площадь сечения отверстия f_0 , м^2 (ур. 4) | $12,56 \cdot 10^{-4}$ |
| 3 | Площадь сечения щели $f_{\text{Щ}}$, м^2 (ур. 5) | $3,77 \cdot 10^{-4}$ |
| 4 | Максимальное сечение $f_{\text{КЛMAX}}$, м^2 (ур. 6) | $12,81 \cdot 10^{-4}$ |
| 5 | Значение комплекса K_1 (ур. 7) | 14834 |
| 6 | Значение комплекса K_2 (ур. 8) | 4185 |
| 7 | Значение комплекса K_3 (ур. 9) | 313,6 |
| 8 | Значение комплекса K_4 (ур. 10) | 2126 |
| 9 | Минимальная скорость пара $W_{0\text{MIN}}$ (ур. 11) | 2,52 |
| 10 | Максимальная скорость пара $W_{0\text{MAX}}$ (ур. 12) | 7,22 |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульянов, Б.А. Выделение дивинила из бутен-дивинильной фракции (БДФ) продуктов пиролиза углеводородного сырья / Б.А. Ульянов, И.А. Семёнов, А.С. Немцов // Вестник АнГТУ. – 2022. – №16. – С. 70-74.

2. Ульянов, Б.А. Сопоставление эффективности разделяющих агентов в процессе выделения дивинила из бутен-дивинильной фракции (БДФ) / Б.А. Ульянов,

И.А. Семёнов, А.С. Немцов // Вестник АнГТУ. – 2022. – № 16. – С. 75-78.

3. РТМ 26-16-72. Тарелки клапанные прямоточные. Методика гидравлического расчета. – М. Минхимнефтемаш, 1977.

4. Hoppe, K., Mittelstrass, M. Grundlagen der Dimensionierung von Kolonnenböden. – Publisher, Steinkopff, 1967. Length. – 239 s.

УДК 544.971

Фомина Лариса Валерьевна,

к.х.н., доцент кафедры химии,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: flvban@mail.ru

Зачиняев Максим Владимирович,

магистрант кафедры «Химическая технология топлива»,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: maks-0905@mail.ru

ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ СИНТЕЗА ХОЛИНХЛОРИДА НА ОСНОВЕ ТРИМЕТИЛАМИНА И ДИХЛОРЕТАНА

Fomina L.V., Zachinyayev M.V.

ASSESSMENT OF THERMAL EFFECTS OF CHEMICAL REACTIONS OF CHOLINE CHLORIDE SYNTHESIS BASED ON TRIMETHYLAMINE AND DICHLOROETHANE

Аннотация. По средним энергиям химических связей проведён расчёт тепловых эффектов модельных химических реакций синтеза холинхлорида из триметиламина и дихлорэтана через хлорхолинхлорид. Первая стадия синтеза является эндотермической, вторая стадия экзотермическая.

Ключевые слова: холинхлорид, хлорхолинхлорид, триметилмаин, дихлорэтан, тепловые эффекты химических реакций, энергии разрыва связей.

Abstract. The average energies of chemical bonds were used to calculate the thermal effects of model chemical reactions of choline chloride synthesis from trimethylamine and dichloroethane via chlorocholine chloride. The first stage of the synthesis is endothermic, the second stage is exothermic.

Keywords: choline chloride, chlorocholine chloride, trimethylamine, dichloroethane, thermal effects of chemical reactions, bond breaking energies.

Холинхлорид (XX) – четвертичная аммониевая соль $[(\text{CH}_3)_3\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}]^+\text{Cl}^-$ [1] – входит как компонент в состав медицинских препаратов [2], антипеспирантной/дезодорирующей композиции [3], кормов для животных [4], смесей для обработки семян растений перед посадкой [5], жидкости для гидравлического разрыва пласта и стабилизации глин при нефтегазодобыче [6, 7], ванны для финишной обработки хлопковых тканей в без формальдегидной технологии [8], растворителя и катализатора при органическом синтезе [9], ионных жидкостей в процессах электроосаждения металлов и электрополировки металлических поверхностей [9-12],

ингибитора коррозии [13].

XX получают следующими способами: 1) алкилированием триметиламина (ТМА) этиленхлоргидрином; 2) оксиэтилированием триметиламина с последующей нейтрализацией образующегося холина соляной кислотой; 3) взаимодействием дихлорэтана (ДХЭ) и триметиламина с последующим омылением щёлочью образовавшегося хлорхолинхлорида (XXX); 4) прямым синтезом из гидрохлорида триметиламина и оксида этилена в водной среде [14-19]. Третий способ актуален для Иркутской области, так как триметилламин и дихлорэтан производят на площадках АО «АНХК» и АО «Саянским-