

УДК 66.021.3

DOI: 10.35211/1990-5297-2025-3-298-45-47

*А. Б. Голованчиков¹, О. А. Залипаева^{1, 2}, П. П. Залипаев¹, С. Г. Поступаева¹***РЕГУЛИРУЕМАЯ УКЛАДКА НАСАДКИ В МАССООБМЕННОЙ КОЛОННЕ
ДЛЯ ЗАДАНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА**¹Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)²Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

E-mail: a.b.golovanchikov@mail.ru, zalipaevaolga@yandex.ru,

zalipaevpavel@mail.ru, posvetlana@mail.ru

Предлагается регулируемая упорядоченная укладка элементов насадки в массообменном вертикальном аппарате. Рассматривается плотная и с большой пористостью укладка колец Рашига в массообменной колонне. Приводятся теоретически полученные зависимости для определения удельной поверхности и пористости рассматриваемых способов укладки элементов насадки. Описывается преимущество расчета порозности и удельной поверхности по полученным зависимостям в сравнении с эмпирическими справочными значениями. Даются рекомендации по применению предлагаемых способов укладки элементов насадки с учетом физико-химических характеристик контактируемых сред и технологических условий протекания массообменного процесса.

Ключевые слова: массообменная колонна, укладка насадки, кольца Рашига, порозность, удельная поверхность

*A. B. Golovanchikov¹, O. A. Zalipaeva^{1, 2}, P. P. Zalipaev¹, S. G. Postupaeva¹***ADJUSTABLE PACKING IN A MASS TRANSFER
COLUMN FOR GIVEN PROCESS PARAMETERS**¹Volgograd State Technical University (VSTU)²Volzhsky Polytechnic Institute(branch) VSTU

The article proposes a controlled ordered packing of packing elements in a vertical mass-exchange apparatus. The dense and highly porous packing of Raschig rings in a mass-exchange column is considered. Theoretically obtained dependencies for determining the specific surface and porosity of the considered packing element packing methods are presented. The advantage of calculating the porosity and specific surface using the obtained dependencies is described in comparison with empirical reference values. Recommendations are given for using the proposed packing element packing methods taking into account the physicochemical characteristics of the contacting media and the technological conditions of the mass-exchange process.

Keywords: mass transfer column, packing arrangement, Raschig rings, porosity, specific surface area

Массообменные аппараты применяются в химической, нефтехимической, газоперерабатывающей, пищевой и других отраслях промышленности для проведения процессов абсорбции, экстракции, десорбции, ректификации [1–4]. Эффективность этих процессов во многом зависит от конструктивных особенностей аппарата и применяемых в нем контактных устройств [4, 5]. Наиболее распространены вертикальные массообменные колонные аппараты, так как они универсальны, компактны и эффективны. Горизонтальные аппараты могут использоваться в процессах с низкой интенсивностью массопередачи, в помещениях ограниченной высоты, а также при специфических технологических и экономических требованиях. В зависимости от конструкции и принципа работы вертикальные массообменные колонны

делятся на тарельчатые и насадочные. Благодаря возможности работы с агрессивными средами и простой конструкции насадочные аппараты используются во многих массообменных процессах, не требующих локального отвода тепла. Вертикальные колонные аппараты заполняются насадкой – твердыми телами различной формы, которые увеличивают поверхность контактируемых фаз.

Конструкция насадочных тел и способ укладки их в колонну во многом определяет эффективность массообменного процесса. Упорядоченная укладка насадки предполагает размещение элементов насадки в строгом геометрическом порядке, что позволяет минимизировать неравномерность распределения контактируемых сред, а также снизить пристеночный эффект [6]. Наиболее распространенные типы

элементов насадки – кольца Рашига. Они имеют большую площадь поверхности на единицу объема для эффективной массопередачи, просты в изготовлении. Кольца Рашига удобны в эксплуатации и обслуживании.

В работе предлагается проводить регулируемую упорядоченную вертикальную укладку колец Рашига в колонном аппарате в зависимости от физико-химических и технологических параметров процесса.

Для повышения эффективности массопередачи незагрязненных сред рекомендуется применять упорядоченную укладку колец Рашига по шестиугольникам вокруг центральных колец со смещением последующего ряда относительно предыдущего. Такая плотная укладка элементов насадки уменьшает ее порозность, увеличивая при этом удельную поверхность. Для определения удельной поверхности уложенных по шестиугольнику колец Рашига предлагается теоретически полученная формула, которая с достаточной точностью позволяет определять этот параметр, не прибегая к справочным и экспериментальным данным

$$\sigma_1 = \frac{4\pi}{\sqrt{3}D} \left[1 - \left(\frac{\delta}{D} \right)^2 \right], \quad (1)$$

где δ – толщина стенки кольца Рашига, мм; D – внешний диаметр кольца Рашига, равный его высоте, мм.

Порозность при рассматриваемой упорядоченной укладке колец Рашига по шестиугольникам вокруг центральных колец уменьшается

по сравнению с порозностью хаотично уложенной насадки и определяется также теоретически по формуле:

$$\varepsilon_1 = 1 - \frac{2\pi\delta(D-\delta)}{\sqrt{3}D^3}. \quad (2)$$

Для контактируемых сред массообменного процесса, содержащих эмульсии или суспензии, предлагается неплотная укладка колец Рашига по четырехугольникам вокруг центральных колец. Такая укладка может быть рекомендована и для сред, в которых нежелательно засыпать навалом элементы насадки из-за значительного гидравлического сопротивления.

При укладке колец Рашига по четырехугольнику вокруг центрального кольца удельную поверхность насадки предлагается определять по полученной теоретической зависимости

$$\sigma_2 = \frac{2\pi}{D} \left[1 - \left(\frac{\delta}{D} \right)^2 \right]. \quad (3)$$

Порозность при рассматриваемой укладке определяется с достаточной точностью по теоретически полученной формуле

$$\varepsilon_2 = 1 - \frac{\pi\delta(D-\delta)}{D^3}. \quad (4)$$

В таблице представлены сравнительные характеристики полученных значений удельной поверхности и порозности при рассматриваемых упорядоченных укладках колец Рашига со справочными значениями, приведенными в литературе [7] для хаотичной укладки колец Рашига (в навал).

Сравнительные характеристики значений удельной поверхности и порозности для хаотичной укладки колец Рашига (в навал)

Стандартные размеры колец Рашига	Расчетные значения по формулам (1) и (2)		Расчетные значения по формулам (3) и (4)		Справочные значения [7]	
	σ_1	ε_1	σ_2	ε_2	σ_c	ε_c
38×38×4,4	188	0,629	163	0,678	180	0,63
50×50×4,4	144	0,709	124	0,747	141	0,69
50×50×5	144	0,674	124	0,717	110	0,72
75×75×9,5	95	0,600	82	0,653	92	0,61
80×80×8	90	0,674	78	0,717	80	0,72
100×100×10	72	0,674	62	0,717	60	0,72
100×100×12,7	71	0,600	62	0,651	69	0,62
125×125×14,3	57	0,630	49	0,681	52	0,66
150×150×16	48	0,650	41	0,700	46	0,67

Как видно из приведенной таблицы, упорядоченная вертикальная укладка элементов насадки в колонный аппарат позволяет регулировать параметры массообменного процесса

с учетом условий его проведения и характеристик контактируемых сред. В справочных данных, приведенных в литературе, как правило, для определения порозности и удельной по-

верхности хаотично уложенной насадки используются значения, полученные экспериментальным путем. Предлагаемые теоретические зависимости для определения порозности и удельной поверхности по известным геометрическим параметрам колец Рашига позволяют с достаточной точностью определять порозность и удельную поверхность рассматриваемых способов укладки элементов насадки, не прибегая к эмпирическим зависимостям.

Упорядоченная укладка колец Рашига в массообменный вертикальный аппарат может осуществляться скрепленными блоками, что позволяет использовать этот способ укладки как в малотоннажных аппаратах, так и в крупногабаритных колоннах.

Приведенные способы вертикальной укладки элементов насадки по шестиугольникам вокруг центральных колец рекомендуется применять к процессам с высокой интенсивностью массопередачи и высокими требованиями к чистоте целевого продукта. Укладка колец Рашига по четырехугольникам вокруг центральных колец может использоваться в массообменных процессах с загрязненными средами, что позволяет увеличить рабочий цикл массообменной колонны.

Регулируемая укладка элементов насадки дает возможность достаточно точно теоретически

определять значения порозности и удельной поверхности, способствует равномерности распределения контактируемых сред, позволяет оптимизировать параметры массообменного процесса с учетом его специфических характеристик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. для студ. вузов / А. Г. Касаткин [и др.]. – М. : Альянс, 2008. – 784с.
2. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для студ. вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под. ред. П. Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М. : Альянс, 2013. – 576 с.
3. Расчет и проектирование массообменных аппаратов : учеб. пособие / под. ред. А. Н. Острикова. – СПб. : Лань, 2015. – 352 с.
4. Allmen Erwin von. Economics Are Basic for Plant Location. – Chemical Engineering Progress, LVI, 1960. – 485p.
5. Calculations of the Amplitude of Vibrations in Resonant and Near-Resonant Processes of a Vibrating Centrifugal Separator / Golovanchikov, A.B., Zalipaeva, O.A., Merentsov, N.A., Raeva, Y.N. // Optics and Spectroscopy. – 2023. – Vol. 131, Issue 12 (December). – P. 1185-1189.
6. Теоретическая оценка порозности колец Рашига в пристенной области насадочной колонны / А. Б. Голованчиков, Н. А. Меренцов, М. В. Топилин, П. П. Залипаев // Теоретические основы химической технологии. – 2024. – № 4. – С. 486–490.
7. Сокол, Б. А. Насадки массообменных колонн / Б. А. Сокол, А. К. Чернышов, Д. А. Баранов. – Москва : Галилея-принт, 2008. – 358 с.