

1. Разработанная конструкция роторно-центробежной мельницы с инерционно-гравитационной выгрузкой является вполне работоспособной и может обеспечить высококачественный помол материалов при низком расходе электроэнергии.
2. Данную мельницу лучше всего использовать для помола материалов низкой и средней прочности (например, таких, как известь и мел).
3. Использование в производстве извести роторно-центробежной мельницы с инерционно-гравитационной выгрузкой, вместо барабанной шаровой мельницы, даст возможность снизить расход электроэнергии на помол более чем в 10 раз, а степень измельчения извести при этом составит остаток на сите N 0,08 в 7—8%, тогда как существующим стандартом, при помоле извести, предусмотрен остаток на сите N 0,08 не более 10—15%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ghigi G, Rabottino L. Второй Европейский конгресс по измельчению. — Амстердам, 1968.
2. Сборник научных трудов института «Механобор». Совершенствование процессов дробления, измельчения, грохочения и классификации. — Л., 1985.
3. Летин Л.А., Родатис К. Ф. Среднеходные и тихоходные мельницы. — М.: Энергия, 1981.
4. Ходаков Г.Е. Основные методы дисперсионного анализа порошков. — М.: Стройиздат, 1968.
5. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. — М.: Химия, 1971.

УДК 621.1.1.7:66.023

Н.П. Саевич, асс.;
 А.И. Ершов, профессор;
 Д.Г. Калишук, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗА В МНОГОТРУБНЫХ АППАРАТАХ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ДВУХФАЗНЫХ СИСТЕМ

The paper presents the results of the investigation of a new two-phase gas-distributor. The model considered provides stable gas distribution under wide range of gas and liquid loading. Gas-distributor can be applied to the heat-exchange apparatuses, reactors, absorbers with ascending gas and liquid currents and to the treatment of contaminated fluids.

В химической и смежных отраслях промышленности широко используются вертикальные трубчатые аппараты с восходящими газожидко-

стными потоками, включая теплообменники, реакторы, абсорберы и др. [1,2]. Важным узлом таких аппаратов является распределитель газа (пара), обеспечивающий равномерную подачу его во все трубки трубного пучка. Для этих целей в некоторых конструкциях [1] применяют патрубки с калиброванными отверстиями, выступающие под трубной доской.

Согласно литературным данным [3,4], при вводе острого пара на начальном участке труб в трубчатых испарителях и выпарных аппаратах достигается интенсификация теплоотдачи со стороны кипящей жидкости. С учетом изложенного в Белорусском государственном технологическом университете разработана установка [5], в которой предусматривается утилизация тепла паров дистиллята одной ректификационной колонны в испарителе другой колонны. Так как теплообмен осуществляется при малых температурных напорах между теплоносителями, для его интенсификации в кипящую жидкость предусмотрена подача острого пара. Ввиду ограниченной информации об интенсифицирующем воздействии ввода острого пара на теплообмен (конденсация-кипение) при малых температурных напорах нами ранее [6] были проведены экспериментальные исследования, которые позволили установить, что удельный тепловой поток может быть увеличен на 20-50 %. Однако из-за того, что максимальный эффект достигается в узком диапазоне соотношения расходов образующегося при кипении пара и острого пара, необходимо четкое распределение последнего по трубному пучку.

Конструкции с калиброванными отверстиями [1,2] малопригодны для распределения острого пара из-за чувствительности к загрязнениям и воздействию агрессивных сред, а также из-за больших габаритов вследствие необходимости поддержания значительного уровня паровой подушки. Дырчатые листы [3] не обеспечивают хорошего распределения пара и при их монтаже и изготовлении необходима высокая точность.

Авторами предложено и испытано новое конструктивное решение, отличительной особенностью которого является наличие двух ступеней газораспределения. Предварительная оценка равномерности газораспределения предложенной конструкции выполнена на основе сравнительного анализа ее работы и базового варианта с одной ступенью газораспределения, представляющего собой дырчатый лист с обечайкой.

Экспериментальные исследования по газораспределению проводились на модели промышленного масштаба - трубном пучке с 61 трубкой диаметром 18x1,5 мм. Испытываемые модели газораспределителей имели сечение, равное сечению трубного пучка, диаметр отверстий для прохода газа в них составлял 6 мм. Общая высота газораспределителей не превышала 130 мм.

Равномерность распределения газа в трубном пучке определялась при расходах жидкости и газа от 0,2 до 1,2 и от 2 до 12 м³/ч соответственно. Модельными средами служили вода и воздух. Также имитировались перекосы газораспределителей относительно трубного пучка.

Учитывая симметричность потока, равномерность газораспределения оценивалась по гистограммам объемных газосодержаний (в дальнейшем - газосодержаний) в трубках, расположенных в радиальной плоскости трубного пучка. Газосодержание определялось по уровню светлой жидкости.

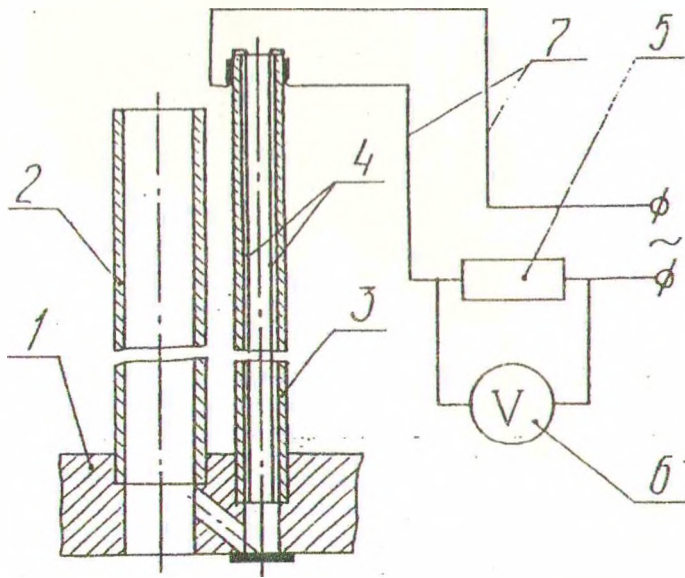


Рис.1 Схема измерительной ячейки. 1- трубная решетка; 2 – трубка; 3 – трубка измерительная; 4 – линейные электроды; 5 – резистор; 6 – вольтметр; 7 – соединительные провода

Схема ячейки для измерения уровня светлой жидкости в трубном пучке представлена на рис.1. Падение напряжения в измерительной цепи зависело от глубины погружения линейных электродов 4 в жидкость. Зависимость между падением напряжения и уровнем светлой жидкости определялась при тарировке ячеек.

Гистограммы газосодержаний для различных конструкций газораспределителей при различных режимах их работы представлены на рис.2.

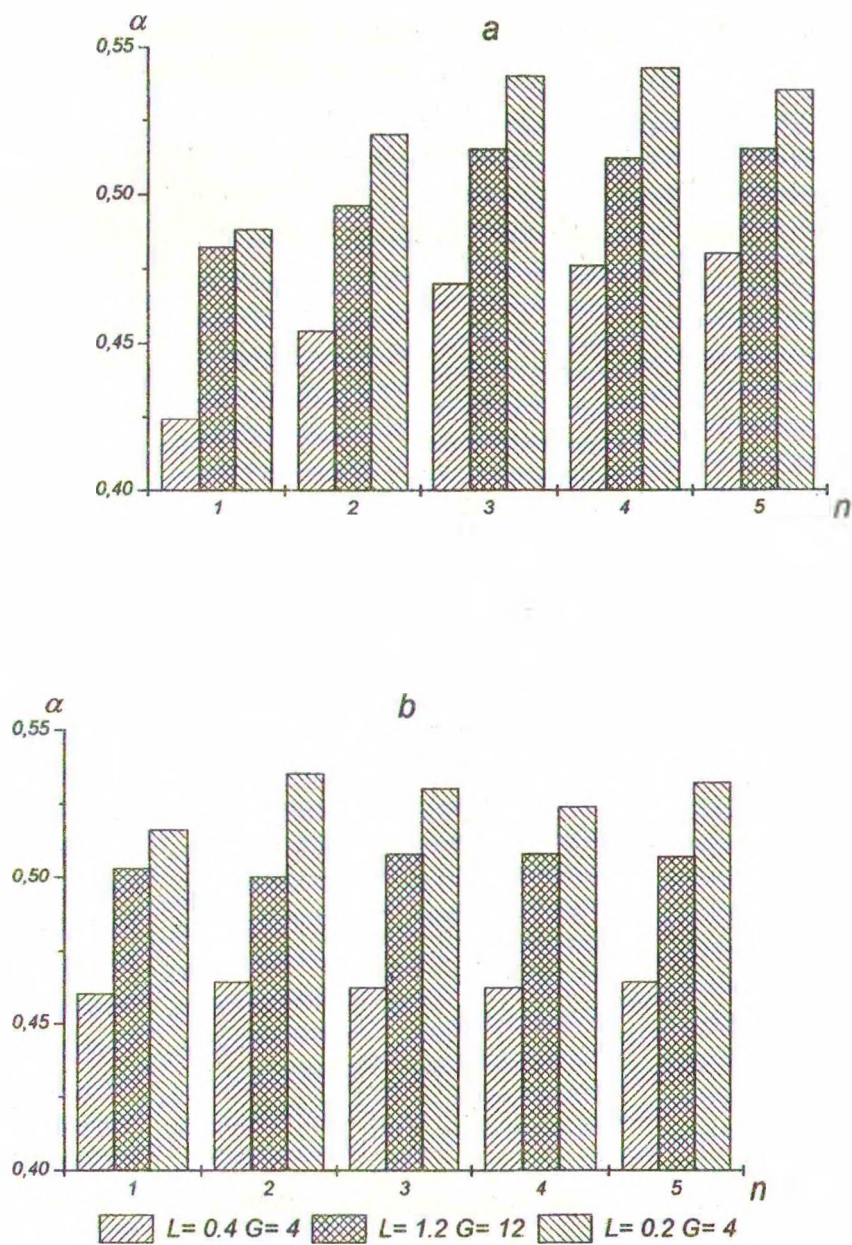


Рис.2. Гистограммы газосодержаний для: а - дырчатого листа; б - двухступенчатого распределителя

Количественная оценка качества газораспределения характеризуется коэффициентом неравномерности, который определяется по зависимостям:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n |1 - \overline{\alpha}_i|}{n}; \quad (1)$$

$$\overline{\alpha}_i = \frac{|\alpha_i - \alpha_{\text{ср}}|}{\alpha_{\text{ср}}}, \quad (2)$$

где $\overline{\alpha}_i$ - относительное газосодержание в i -той точке измерения; n - количество точек измерения; α_i - газосодержание в i -той точке измерения; $\alpha_{\text{ср}}$ - среднее газосодержание.

Экспериментальные значения коэффициента K приведены в таблице. Кроме того, в таблицу включены расчетные значения амплитуды колебаний газосодержания Δ , вычисленные по зависимости

$$\Delta = \frac{\alpha_{\text{max}} - \alpha_{\text{min}}}{\alpha_{\text{min}}} \cdot 100, \quad (3)$$

где α_{max} и α_{min} - максимальное и минимальное газосодержание в трубах соответственно.

Табл. Результаты испытаний газораспределителей

Расход, м ³ /ч		$\alpha_{\text{ср}}$	Дырчатый лист [3]		Двухступенчатый распределитель	
жидкости	газа		$K \cdot 10^2$	$\Delta, \%$	$K \cdot 10^2$	$\Delta, \%$
0.2	2	0.41-	2.34	11.67	0.62	2.93
	4	0.53-	2.42	9.94	1.06	4.00
	8	0.620.64	2.60	8.15	0.62	1.94
	12		2.54	10.87	0.66	2.13
0.4	2	0.34-	3.12	14.67	0.67	4.68
	4	0.46-	2.70	10.71	0.33	1.28
	8	0.560.60	1.45	7.38	1.06	2.88
	12		1.32	7.46	0.79	2.40
0.8	2	0.26-	2.79	12.34	1.92	9.65
	4	0.38-	1.82	11.33	0.49	2.28
	8	0.500.55	2.35	9.14	0.60	1.89
	12		2.42	9.52	0.71	2.05
1.2	2	0.21-	4.45	26.34	2.52	9.53
	4	0.33-	1.82	10.86	1.35	5.17
	8	0.450.50	1.36	9.27	0.31	1.22
	12		1.97	6.76	0.74	1.84

Анализ результатов эксперимента показывает, что новая конструкция газораспределителя обеспечивает более равномерное и стабильное распределение газа по трубному пучку по сравнению с базовым вариантом во всем исследованном диапазоне нагрузок по жидкости и газу. При этом значения амплитуды Δ для двухступенчатого газораспределителя оказались меньше, чем у дырчатого листа, и не превышали 10%.

Полученные результаты свидетельствуют также, что двухступенчатое газораспределение с образованием на нижней тарелке распределителя газовой подушки достаточной высоты позволяет снизить требования к выверке горизонтальности при монтаже. Кроме того, установка данного варианта газораспределителя в аппаратах не потребует конструктивных изменений трубного пучка и распределительной камеры стандартных вертикальных кожухотрубных испарителей.

Разработанная конструкция газораспределителя может быть рекомендована для использования не только в теплообменных аппаратах, но и в реакторах, абсорберах с восходящими газожидкостными потоками, при работе как с чистыми, так и с загрязненными жидкостями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов В.Н., Доманский И.В. Газожидкостные реакторы.- Л.: Машиностроение, 1976.
2. Рамм В.М. Абсорбция газов.- М.: Химия, 1976.
3. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании.- М.: Высшая школа, 1986.
4. Таубман Е.И. Выпаривание.- М.: Химия, 1982.
5. А.с. 1386217 СССР. Установка для ректификации многокомпонентных смесей/ А.И. Ершов, М.Ф. Шнайдерман, Д.Г. Калишук и др// Бюл. изобр.-1988. - N 13.
6. Калишук Д.Г., Саевич Н.П., Шнайдерман М.Ф. Исследование теплообмена в испарителях при малых температурных напорах/ Материалы юбилейной научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ.- Мн.: БТИ, 1990.