

УДК 66.021.3

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОДИНАМИКИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ЖИДКОСТИ ТАРЕЛЬЧАТОГО ТИПА

Марченко П.В., Шибитова Н.В., Шибитов Н.С., Мелихов В.В.

ФГБОУ «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград,
e-mail: natanik@vstu.ru

В работе на основании анализа современных конструкций распределительных устройств жидкости для насадочных массообменных аппаратов разработано тарельчатое распределительное устройство для жидкости центробежного типа. Отличительной особенностью устройства является использование энергии входного потока жидкости орошения для вращения перфорированной конической тарелки и обеспечение равномерного распределения жидкости по сечению аппарата. Для проведения исследований разработана экспериментальная установка, позволяющая исследовать работу центробежного распределительного устройства. В результате проведения исследований получены зависимости числа оборотов распределителя от расхода жидкого входного потока и расхода подаваемого газа, зависимость плотности орошения по зонам сечения колонны от числа оборотов распределителя, его высоты расположения над насадкой, диаметра и формы распределителя, определена степень неравномерного распределения жидкости по зонам сечения аппарата.

Ключевые слова: насадка, массообменный аппарат, распределительное устройство, равномерное распределение жидкости

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF HYDRODYNAMICS OF A CENTRIFUGAL LIQUID DISPENSER DISH TYPE

Marchenko P.V., Shibitova N.V., Shibitov N.S., Melihov V.V.

Volgograd state technical university, Volgograd, e-mail: natanik@vstu.ru

In work on the basis of the analysis of modern designs of liquid distribution devices-STI for Packed mass transfer apparatuses designed plate distributor for liquid centrifugal type. A distinctive feature of the device is the use of an energy input fluid flow for irrigation of rotation of the perforated conical plates and to ensure a uniform liquid distribution over the cross section of the apparatus. For research developed an experimental setup allowing to study the performance of a centrifugal distribution device. As a result of research obtained according to the number of revolutions of the distributor flow of liquid from the input stream and the feed rate of the gas, the density of irrigation in the areas of the column cross-section from the number of revolutions of the spreader, the height of the location above the nozzle, diameter and shape of the distributor, the degree of uneven distribution of liquid-STI in the zones section of the apparatus.

Keywords: a nozzle, mass transfer apparatus, switchgear, uniform distribution of a liquid

Для эффективной работы насадочных аппаратов, применяемых в химической технологии в процессах ректификации и абсорбции, в первую очередь, необходимо обеспечить равномерное распределение жидкости и пара (газа) по поперечному сечению насадки. Известно, что первоначальное распределение подаваемой жидкости по насадке зависит от конструкции распределительных устройств [4, 1].

Проведенный литературно-патентный обзор по существующим конструкциям распределительных устройств насадочных колонн [2, 3, 5] показал, что в настоящее время используются распределители, подающие жидкость отдельными струями или разбрызгивающие на капли.

Целью данной работы является исследование гидродинамики разработанной авторами конструкции оросителя центробежного типа [6], вращение которого обеспечивается за счет энергии струи ороша-

ющей жидкости, направленной на лопатки, закрепленные по периферии конической тарелки на внутренней и наружной стороне.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились на прозрачной колонне диаметром 0,5 м на системе «воздух-вода» (рис. 1).

В качестве центробежного оросителя (рис. 2) использовались вращающиеся конические перфорированные тарелки диаметром 300 мм и 400 мм с центральным углом 60 и 90°.

Исследования проводились:

– при подаче орошающей жидкости на радиальные лопатки оросителя (расход воды изменялся от 0,4 до 1,4 м³/час);

– при одновременной подаче жидкости и воздуха (расход воздуха составлял $q'_v = 160$ м³/час и $q'_v = 320$ м³/час).

При подаче только орошающей жидкости на заданной высоте от поверхности насадки устанавливался распределитель, задавался угол наклона входных штуцеров для подаваемой жидкости на радиальные лопатки, которые устанавливались перпендикулярно к направлению потока.

При различных расходах жидкости фиксировалось по строботажному числу оборотов распределителя и плотность орошения по уровню жидкости в измерительном устройстве для выделенных зон сечения колонны. При этом определялся оптимальный режим, при котором струи или капли жидкости орошали всю поверхность насадки.

Такие измерения проводились для четырех положений оросителя, двух размеров цилиндрических тарелок, двух конических тарелок с центральным углом 60° и 90° .

При проведении экспериментальных исследований с совместной подачей орошающей жидкости и воздуха по наружному контуру тарелок закреплялись наклонные лопатки таким образом, чтобы динамические воздействия от потоков жидкости и воздуха суммировались, увеличивая число

оборотов оросителя, особенно при малых расходах жидкости.

Методика проведения исследований оставалась такой же, как и при подаче только орошающей жидкости.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного эксперимента установлена зависимость между количеством подаваемой жидкости на внутренние лопатки распределительного устройства диаметром 300 мм, 400 мм, 350 мм через штуцер диаметром 10 мм и числом оборотов центробежного оросителя. Угол наклона штуцера к горизонтальной плоскости составлял 30° .

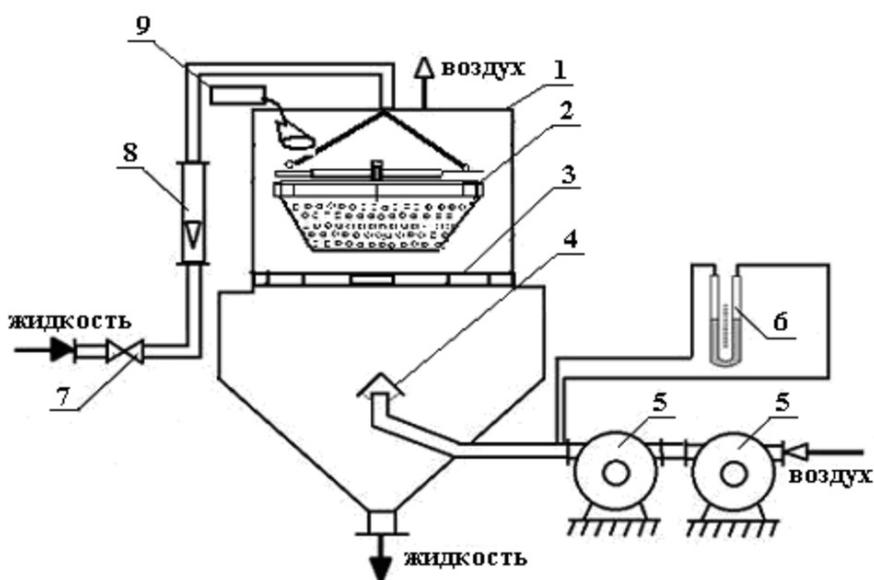


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – корпус колонны диаметром 0,5 м; 2 – распределительное устройство центробежного типа; 3 – устройство заборное; 4 – распределитель воздуха; 5 – вентиляторы; 6 – дифманометр расхода воздуха; 7 – узел подачи жидкости; 8 – ротаметр РС-5; 9 – строботажометр для измерения числа оборотов распределительного устройства

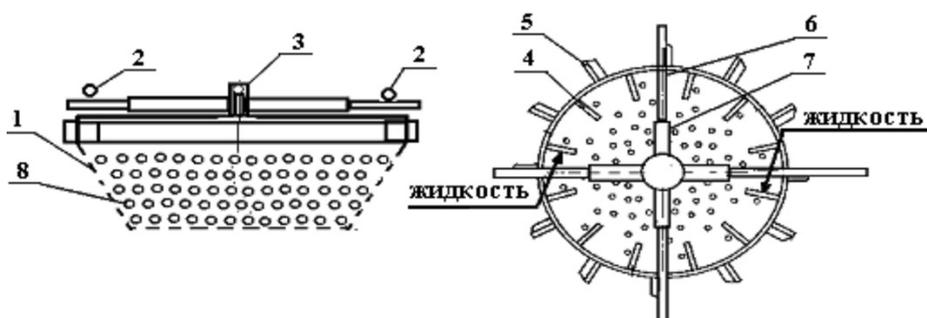


Рис. 2. Общий вид центробежного оросителя: 1 – распределитель; 2 – штуцеры подачи жидкости; 3 – опора; 4 – радиальные лопатки; 5 – наружные лопатки; 6 – штанга; 7 – крестовина; 8 – отверстия

Из полученных данных следует, что с увеличением диаметра оросителя число оборотов при одинаковом расходе жидкости также возрастает, однако это увеличение не пропорционально увеличению диаметра оросителя. Это явление может быть объяснено влиянием распределения жидкости внутри оросительного устройства, т.к. число лопаток было одинаковым, а диаметр оросителей различный, то расстояние между лопатками снижалось при уменьшении диаметра оросителя.

Установлено, что при одновременной подаче жидкости и воздуха повышается число оборотов оросителя, даже при сравнительно небольших расходах воздуха и малом числе внешних лопаток (6 штук), на которые воздействует поток воздуха.

В данной работе не ставилась задача исследования всех аспектов влияния потока воздуха, показана только принципиальная возможность его использования для вращения оросительного устройства при недостаточном количестве орошающей жидкости.

По результатам экспериментальных исследований (табл. 1) определяется равномерность распределения жидкости для кольцевых зон сечения колонны при различных расходах орошающей жидкости и воздуха и разной высоте расположения оросителей от поверхности регулярной насадки, которые позволяют дать оценку эффективности распределения жидкости по выделенным зонам колонны.

Обработка результатов экспериментальных исследований для цилиндрических и конических оросителей показала, что плотность орошения выше для центральной зоны при малых расходах орошающей жидкости, а для больших расходов жидкости плотность орошения выше для периферийной зоны, промежуточные зоны всегда имеют средние плотности орошения.

Такая закономерность позволила легко определять оптимальные условия орошения путем построения графиков зависимости плотности орошения от расхода орошающей жидкости для центральной зоны и периферийной зоны, точка пересечения кривых дает значение расхода жидкости, который обеспечивает равномерное орошение всех зон сечения колонны на фиксированной высоте расположения оросительного устройства. Например, для оросителя диаметром 400 мм, расположенного от поверхности насадки на высоте 220 мм, точка пересечения при оптимальных условиях получена при расходе жидкости 0,82 м³/час и плотности орошения 4,80 м³/м²час (табл. 2).

Следует отметить, что при малой высоте расположения центробежного распределителя менее 150 мм от насадки, требуется повышать число оборотов оросителя или увеличивать его диаметр. Однако это приводит к переливу жидкости через верхний край тарелки и нарушает равномерность распределения жидкости по сечению колонны.

Таблица 1

Плотность орошения по зонам для оросителя диаметром 400 мм
(расход жидкости 0,4 м³/час, расход воздуха 320 м³/час)

	Первая зона	Вторая зона	Третья зона	Центральная зона
Плотность орошения, м ³ /м ² час	2,60	2,75	2,75	2,50
Диаметр кольцевых зон аппарата, м	0,353	0,433	0,50	0,25

Таблица 2

Определение оптимальной плотности орошения для оросителя диаметром 400 мм
(расположение оросителя от поверхности насадки 220 мм)

Плотность орошения, м ³ /м ² час	Периферийная зона									Центральная зона							
	Расход жидкости, м ³ /час	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,82	0,90	1,00	0,58	0,65	0,70	0,75	0,82	0,90	0,95
	3,20	0,36	0,39	0,41	4,25	4,70	4,80	5,40	6,20	5,90	5,20	5,10	5,00	4,80	4,20	4,10	4,05

Таблица 3

Результаты экспериментальных исследований

Высота расположения оросителя, м	Расход, м ³ /час		Расход, м ³ /час		Расход, м ³ /час	
	жидкости	воздуха	жидкости	воздуха	жидкости	воздуха
0,12	1,10	0,00	1,0	160,00	0,85	320,00
0,15	0,92		0,85			
0,20	0,80		0,73			
0,30	0,70		0,62			

В табл. 3 приведено сравнение оптимальных режимов при одновременной подаче жидкости и воздуха для конической тарелки диаметром 350 мм при разной высоте расположения оросителя.

Результаты экспериментальных исследований по влиянию различных параметров оросителя на равномерность орошения поверхности насадки применены для промышленных испытаний конического центробежного оросителя для колонны диаметром 1,2 м [7].

Заключение

Анализ результатов экспериментальных исследований по определению плотности орошения для конических оросителей показывает, что они более равномерно орошают все сечение колонны при всех расходах жидкости, по сравнению с цилиндрическими оросителями. Получено, что для установленных оптимальных условий

орошения неравномерность распределения жидкости по поверхности насадки не превышала 5 %.

Список литературы

1. Гильденблат И.А., Гурова Н.М., Рамм В.М. Влияние распределения орошения в насадочных абсорберах на эффективность массопередачи в жидкой фазе // Химическая промышленность. 1968. – № 3. – С. 59–63.
2. Головачевский Ю.А. Оросители и форсунки скрубберов химической промышленности. – М.: Машиностроение, 1974. – 271 с.
3. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. – М.: Химия, 1984. – 256 с.
4. Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1976. – 656 с.
5. Шибитов Н.С., Житина Н.В., Тябин Н.В. и др. Распределительное устройство для массообменных аппаратов // Патент РФ № 2033848. 1995. Бюл. № 12.
6. Шибитова Н.В., Шибитов Н.С., Голованчиков А.Б. Центробежное распределительное устройство для жидкости // Заявка РФ № 2015118734. Дата подачи заявки: 19.05.2015. Решение о выдаче патента на полезную модель 27.08.2015.
7. Шибитова Н.В., Тимошенко Р.М. Повышение эффективности работы насадочных массообменных аппаратов // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 12 (1). – С. 114.