

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИНЧАТОГО КАПЛЕОТБОЙНИКА

In the article the results of experimental researches of hydraulic resistance plate separator are submitted. Carry-over of liquid in the effluent gas stream between two plates is studied. The influence of regime and geometrical parameters on losses of pressure is shown. Calculation dependences of carry-over of liquid in the effluent gas stream and hydraulic resistance are received. Diapasons of stable work are determined.

При взаимодействии газа с жидкостью в массообменных аппаратах образуются капли, которые уносятся газовым потоком из зоны контакта фаз, а затем из аппарата. Унос капель существенно снижает эффективность массообмена, а при взаимодействии ценных продуктов увеличивает их потери.

С целью устранения брызгоуноса используют каплеотбойники, брызгоуловители, циклоны и другие конструкции.

В БГТУ на кафедре ПиАХП ранее была разработана и исследована конструкция каплеотбойника, выполненного из уголков, расположенных в виде «лесенки» [1]. Каплеотбойник обладает низким гидравлическим сопротивлением и высокой степенью улавливания капель, однако при увеличении диаметра аппарата его высота тоже увеличивается.

Для упрощения конструкции каплеотбойника и уменьшения его высоты разработан пластинчатый отбойник, выполненный в виде «двухскатной крыши», высота которого не зависит от диаметра аппарата.

Исследования работоспособности каплеотбойника проводили в колонне с ситчатой тарелкой. Методика и условия проведения исследований описаны в работе [2], где приведены данные по его гидравлическому сопротивлению. В данной статье представлены подробные исследования брызгоуноса.

Количество уносимых потоком воздуха капель воды после каплеотбойника определяли объемным каплеуловителем. Каплеотбойник располагали на высоте $h_0 = 0,10$ м и $h_0 = 0,05$ м от полотна тарелки. При этом определяли величину абсолютного e (кг/с) и относительного уноса u (кг/кг газа) в зависимости от скорости w_k (м/с) воздуха в колонне и количества подаваемой воды на ситчатую тарелку, выраженного в виде плотности орошения q , $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{ч})$.

Для устранения проскока части воздуха под нижней пластиной отбойника вдоль переливной планки устанавливали вертикальную пластину.

Опытные данные представлены на рис. 1 и 2 в виде графических зависимостей абсолютного и относительного уноса жидкости от скорости движения газа в колонне и от плотности орошения в логарифмических координатах.

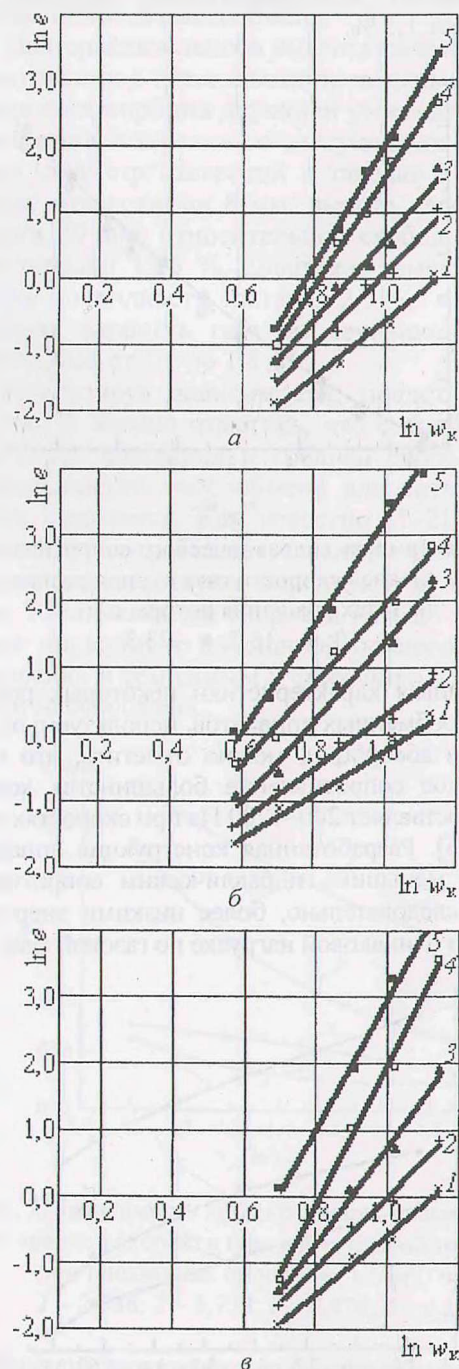


Рис. 1. Зависимость абсолютного уноса e от скорости газа w_k в колонне при плотностях орошения q , $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{ч})$: 1 – 1; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 7; 5 – 9; а также при h_0 , м: а – 0,10; б – 0,05 (без установки вертикальной пластины); в – 0,05 (с установкой вертикальной пластины)

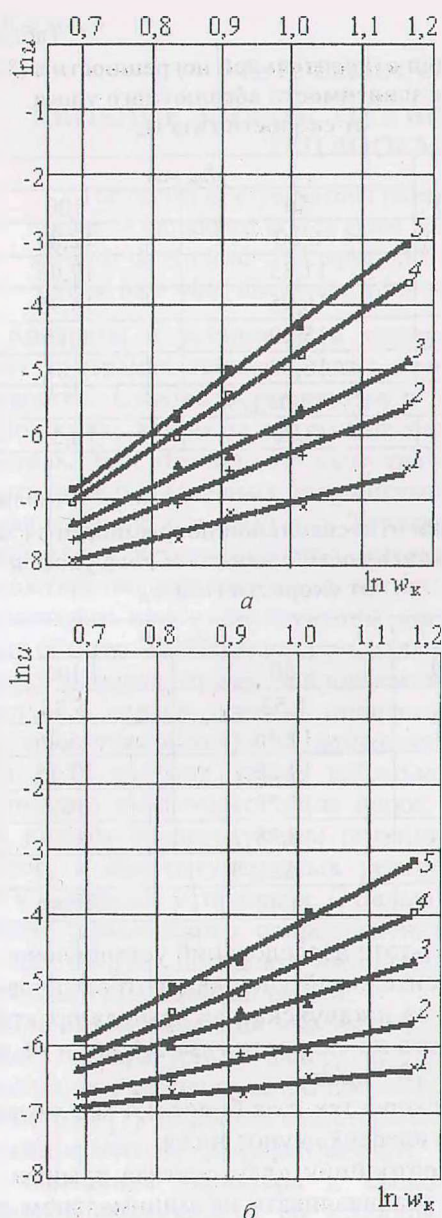


Рис. 2. Зависимость относительного уноса u от скорости газа w_k в колонне при плотностях орошения q , $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{ч})$: 1 – 1; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 7; 5 – 9; а также при h_0 , м: а – 0,10; б – 0,05 (с установкой вертикальной пластины)

На рис. 1 и 2 видно, что полученные экспериментальные зависимости величины абсолютного и относительного уноса от скорости газа w_k в колонне в пределах от 2 до 3,2 м/с при различных плотностях орошения q и h_0 , с установкой вертикальной пластины и без нее, линеаризуются в логарифмических координатах.

Для абсолютного уноса линейная зависимость имеет следующий вид:

$$\ln e = \ln A + n \ln w_k. \quad (1)$$

В координатах $e = f(w_k)$ эта зависимость приобретает степенную форму:

$$e = A w_k^n, \quad (2)$$

где показатель степени n равен тангенсу угла наклона прямой, а $\ln A$ – отрезку, отсекаемому на оси ординат.

Полученные значения показателя степени n и коэффициента A приведены в табл. 1.

Таблица 1
Значения показателя степени n и коэффициента A

q , $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{ч})$	h_0 , мм			
	50		100	
	$A \cdot 10^3$	n	$A \cdot 10^3$	n
1	6,468	4,438	1,389	5,732
3	0,5097	7,471	0,5043	7,466
5	0,0232	11,08	0,5817	7,881
7	0,0195	12,534	1,388	7,913
9	0,5394	10,253	0,7193	9,11

Зависимость абсолютного уноса e от плотности орошения q , изменяющейся в пределах 1–9 $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{ч})$, также можно записать:

$$e = A_1 q^{n_1}. \quad (3)$$

Полученные значения показателя степени n_1 и коэффициента A_1 приведены в табл. 2.

Таблица 2
Значения показателя степени n_1 и коэффициента A_1

w_k , м/с	h_0 , мм			
	50		100	
	A_1	n_1	A_1	n_1
2,0	0,001 545	2,999	0,138	0,498
2,4	0,000 131 1	4,902	0,13	1,247
2,6	0,004 676	3,47	0,04	2,163
2,8	0,023	3,014	0,129	1,923
3,2	0,101	3,05	0,072	2,721

Для относительного уноса u запишем в тех же пределах зависимость от скорости газа:

$$u = A_2 w_k^{n_2}. \quad (4)$$

Полученные значения показателя степени n_2 и коэффициента A_2 сведены в табл. 3.

Таблица 3
Значения показателя степени n_2 и коэффициента A_2

q , $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{ч})$	h_0 , мм			
	50		100	
	$A_2 \cdot 10^6$	n_2	$A_2 \cdot 10^6$	n_2
1	34,69	3,373	28,42	3,496
3	3,283	6,247	5,461	5,793
5	0,1463	9,875	4,025	6,594
7	3,567	8,337	22,16	5,935
9	3,448	9,028	3,664	8,094

Запишем зависимость относительного уноса u от плотности орошения q :

$$u = A_3 q^{n_3}. \quad (5)$$

Полученные значения показателя степени n_3 и коэффициента A_3 сведены в табл. 4.

Таблица 4
Значения показателя степени n_3
и коэффициента A_3

w_k , м/с	h_0 , мм			
	50		100	
	$A_3 \cdot 10^6$	n_3	$A_3 \cdot 10^4$	n_3
2,0	2,723	3,169	3,366	0,509
2,4	0,2006	5,048	2,695	1,249
2,6	8,986	3,47	9,348	2,071
2,8	5,101	4,025	2,296	1,923
3,2	158,3	3,05	1,128	2,721

Все функциональные зависимости были обработаны на ЭВМ. О тесноте линейной связи можно судить по величине коэффициента корреляции R , значения которого сведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5
Значения коэффициента корреляции R
для зависимости абсолютного уноса e
от скорости газа w_k

q , $м^3/(м \cdot ч)$	h_0 , мм	
	50	100
1	0,9909	0,9943
3	0,9471	0,9711
5	0,9322	0,9638
7	0,9863	0,9871
9	0,9956	0,9995

Таблица 6
Значения коэффициента корреляции R
для зависимости относительного уноса u
от скорости газа w_k

q , $м^3/(м \cdot ч)$	h_0 , мм	
	50	100
1	0,9844	0,99
3	0,9218	0,9571
5	0,9097	0,9483
7	0,9834	0,9833
9	0,9944	0,999

Кроме того, были вычислены относительные погрешности ϵ (%), значения которых сведены в табл. 7 и 8.

Таблица 7
Значения относительной погрешности ϵ (%)
для зависимости абсолютного уноса
от скорости газа w_k

q , $м^3/(м \cdot ч)$	h_0 , мм	
	50	100
1	6,20	12,80
3	11,33	12,06
5	16,95	15,95
7	15,19	8,15
9	16,77	3,68
$\Delta \epsilon_{ср}$, %		
	13,29	10,52

Таблица 8
Значения относительной погрешности ϵ (%)
для зависимости относительного уноса u
от скорости газа w_k

q , $м^3/(м \cdot ч)$	h_0 , мм	
	50	100
1	5,53	5,34
3	19,46	15,86
5	14,38	13,75
7	16,28	16,5
9	16,38	3,25
$\Delta \epsilon_{ср}$, %		
—	14,40	10,94

В результате исследований установлено:

- относительный унос каплеотбойников типа «лесенка» и «двухскатная крыша» практически одинаков до скорости газа 2,4 м/с и не превышает $3 \cdot 10^{-3}$ кг/кг;
- при скоростях газа более 2,4 м/с у каплеотбойника «лесенка» унос ниже;
- каплеотбойник «двухскатная крыша» необходимо устанавливать на минимальном расстоянии от полотна тарелки при плотностях орошения менее $5 м^3/(м \cdot ч)$ и на максимальном при плотностях орошения более $5 м^3/(м \cdot ч)$.

Литература

1. Протасов, С. К. Разработка и исследование новой конструкции массообменной тарелки / С. К. Протасов, А. А. Боровик, О. Л. Сорoko // Перспективы производства продуктов питания нового поколения: материалы междунар. науч.-практ. конф., 6–7 окт. 2005 г. — Минск, 2005. — С. 133–135.
2. Протасов, С. К. Исследование гидродинамических параметров ситчатой тарелки с пластинчатым отбойником / С. К. Протасов, А. А. Боровик, М. Г. Скотников // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорганич. в-в. — Минск, 2006. — Вып. XIV. — С. 109–111.