

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТАРЕЛОК ПРОВАЛЬНОГО ТИПА В КОЛОННАХ РАЗЛИЧНОГО ДИАМЕТРА

**Г.В. Тараненко**, канд. техн. наук, доцент,  
Технологический институт Восточноукраинского национального  
университета им. В. Даля, г. Северодонецк

*Проведені дослідження гідравлічного опору тарілок провального типу різного вільного перерізу з отворами різного розміру, які встановлювалися в колонах діаметром  $D=0,057, 0,15, 0,4$  і  $2,0$  м. Встановлена залежність гідравлічного опору тарілок провального типу і геометричного параметра  $T$ .*

*Ключові слова: гідравлічний опір, тарілка провального типу, діаметр колони, діаметр отвору, вільний переріз.*

*Проведены исследования гидравлического сопротивления тарелок провального типа разного свободного сечения с отверстиями разного размера, которые устанавливались в колоннах диаметром  $D=0,057, 0,15, 0,4$  и  $2,0$  м. Установлена зависимость гидравлического сопротивления тарелок провального типа и геометрического параметра  $T$ .*

*Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, тарелка провального типа, диаметр колонны, диаметр отверстия, свободное сечение.*

Тарелки провального типа достаточно широко применяются в химической и смежных с ней отраслях промышленности. Они просты в изготовлении и удобны в эксплуатации. Особенно эффективно их применение в колоннах, работающих с загрязненными средами. В этом отношении показателен опыт применения тарелок провального типа в содовом производстве [1]. Были использованы дырчатые тарелки провального типа с отверстиями диаметром  $d_0=90-140$  мм и свободным сечением  $f=0,2-0,4$ . Диаметр колонны составлял  $D=3,0$  м. В коксовом производстве [2] внедрены тарелки провального типа со свободным сечением  $f=0,3$  и диаметром отверстий  $d_0=70$  мм. Диаметр колонны составлял  $D=5,0$  м. В работе [3] рассматривалось применение крупнодырчатых тарелок провального типа в пенных аппаратах для очистки газа от пыли. Отмечается, что если для барботажного аппарата типичны отверстия в решетке диаметром  $d_0=1-8$  мм при свободном сечении  $f=0,02-0,10$ , то для пенного промышленного аппарата с тарелками провального типа диаметр отверстий составляет  $d_0=50-100$  мм, а свободное сечение достигает  $f=0,7$ . Из сказанного следует, что тарелки провального типа с успехом применяются в аппаратах большой единичной мощности. Наблюдается тенденция использования тарелок провального типа большого свободного сечения с отверстиями большого диаметра.

В настоящее время существуют методики [4-5], предназначенные для расчета тарелок провального типа обычного свободного сечения и диаметра отверстий  $d_0=3-12$  мм для аппаратов промышленного размера. Поэтому накопление экспериментальных данных предназначенных для совершенствования методики расчета тарелок провального типа разного свободного сечения и диаметра отверстий является актуальной задачей.

В работе [6] большое внимание уделяется масштабному переходу в аппаратах, применяемых в химической технологии. Указывается, что для успешного осуществления масштабного перехода необходимо знание гидродинамических параметров в аппаратах промышленного размера и данных по кинетике процесса, полученных в аппаратах на опытных

установках. Тогда, зная гидродинамические параметры промышленного и опытного аппарата и данные по кинетике опытного аппарата, можно осуществлять масштабный переход от размеров опытного аппарата до аппарата промышленного размера.

Не вызывает сомнения, что чем больше ряд исследованных размеров аппаратов, тем точнее можно осуществить масштабный переход до аппаратов промышленных размеров.

В работе приведены результаты исследований гидравлического сопротивления тарелок провального типа на стендах с колоннами  $D=0,057, 0,15, 0,4$  и  $2,0$  м. В колоннах диаметром  $D=0,15, 0,4$  и  $2,0$  м устанавливались по две тарелки провального типа. Верхняя распределительная тарелка была большего свободного сечения. В колонне  $D=0,057$  м устанавливалась одна тарелка, а орошение осуществлялось по внутренней стенке колонны. В опытах использовалась система вода-воздух.

Исследования проводились в широком диапазоне изменения нагрузок по газу и жидкости. Скорость воздуха достигала  $w=4$  м/с, а плотность орошения изменялась от  $L=0,66$  до  $140$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч). Измерялись гидравлическое сопротивление тарелки и высота барботажного слоя при одних и тех же нагрузках по газу и жидкости. Свободное сечение тарелок изменялось от  $f=0,16$  до  $0,56$ . Диаметр отверстий тарелок в колоннах  $D=0,15, 0,4$  и  $2,0$  м составлял  $d_0=12$  мм. В колонне  $D=0,057$  мм диаметр отверстий тарелок изменялся от  $d_0=5$  до  $34$  мм.

Целью обработки экспериментальных данных было установление зависимости изменения гидравлического сопротивления  $P$ , Па, тарелок провального типа от геометрического параметра  $T$ , который представляет собой отношение суммы периметров всех отверстий плато тарелки к ее диаметру.

На рис. 1 представлен график зависимости параметра  $T$  от свободного сечения тарелок провального типа  $f=0,16, 0,25$  и  $0,36$  для различных диаметров колонн. Данные свободные сечения тарелок близки к свободным сечениям исследованных тарелок.

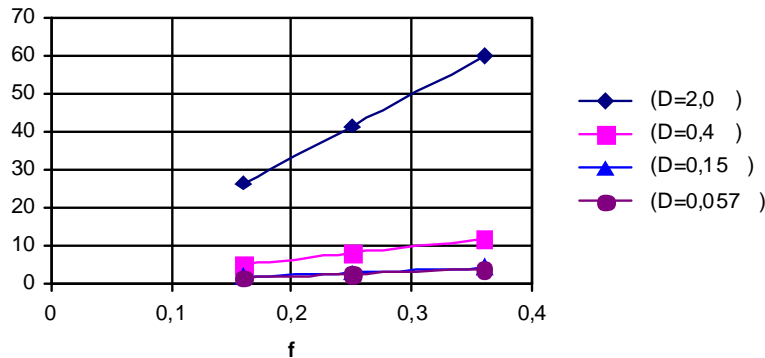


Рисунок 1 - Зависимость параметра  $T$  от свободного сечения тарелок провального типа  $f$  и диаметра колонны  $D$ , м

При расчете параметра  $T$  принимали диаметр отверстий тарелок  $d_0=12$  мм для колонн  $D=0,15, 0,4$  и  $2,0$  м и диаметр отверстий  $d_0=5$  мм для колонны  $D=0,057$  м. Такие размеры соответствуют исследованным тарелкам. Линии графиков на рис. 1 - это прямые, сходящиеся в точке начала координат 0.

На рис. 2 приведены графики зависимости параметра  $T$  от диаметра колонны для исследованных свободных сечений тарелок. Видно, что эта

зависимость отличается от прямой линии особенно в области малых диаметров колонны. Это отличие существеннее в области, где диаметр отверстий соизмерим с диаметром колонны. В пределе параметр  $T$  будет иметь значение, которое соответствует одиночному отверстию для данного свободного сечения тарелки.

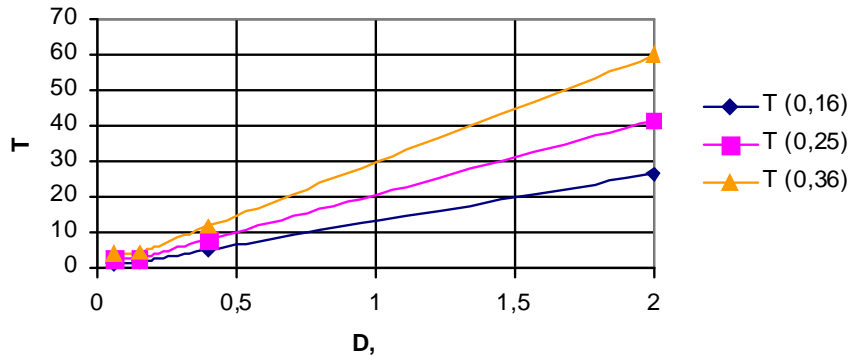


Рисунок 2 - График зависимости параметра  $T$  от диаметра колонны  $D$ , м, для различных свободных сечений тарелок

На рис. 3 приведен типичный график зависимости гидравлического сопротивления тарелки провального типа от линейной скорости газа для различных диаметров колонны и свободного сечения  $f=0,36$ .

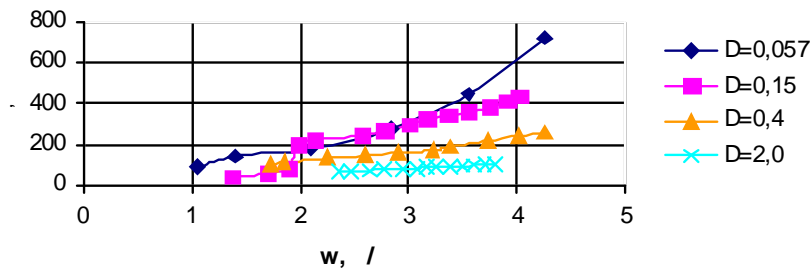


Рисунок 3 - Зависимость гидравлического сопротивления  $P$ , Па, от линейной скорости газа  $w$ , м/с, для тарелок со свободным сечением  $f=0,36$  для колонн различного диаметра  $D$ , м

Плотность орошения в колонне  $D=0,057$  м составляла  $L=11,06$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч), в колонне  $D=0,15$  м была равной  $L=12,7$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч). В колоннах  $D=0,4$  и  $2,0$  м —  $L=8,0$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч). Из сравнения графиков на рис. 2 и 3 видно, что между параметром  $T$  и гидравлическим сопротивлением тарелок провального типа существует обратная зависимость. Чем больше величина  $T$ , тем меньше гидравлическое сопротивление тарелки.

Установлена аналогичная связь между параметром  $T$  и гидравлическим сопротивлением тарелок провального типа для тарелок с другими свободными сечениями и при других плотностях орошения.

Из графиков на рис. 2 видно, что параметр  $T$  для колонн диаметром  $D=0,057$  и  $0,15$  м имеет близкие значения благодаря тому, что в колонне диаметром  $D=0,057$  м была установлена тарелка с отверстиями  $d_0=5$  мм, а в колонне диаметром  $D=0,15$  м устанавливалась тарелка с диаметром отверстий  $d_0=12$  мм. Из графиков, рис. 3, видно, что изменения гидравлического сопротивления от линейной скорости газа в колоннах

$D=0,057$  и  $0,15$  м практически совпадают. Это говорит о функциональной связи геометрического параметра  $T$  и гидравлического сопротивления тарелки провального типа.

Были исследованы тарелки провального типа в колонне  $D=0,057$  м с одиночными отверстиями. Особенностью геометрических характеристик тарелок провального типа в колонне  $D=0,057$  м было то, что изменение диаметра одиночного отверстия приводит к существенному изменению свободного сечения тарелки.

Геометрические характеристики исследованных тарелок провального типа приведены в табл. 1.

Таблица 1 -- Геометрические характеристики тарелок провального типа

Пор. номер	Диаметр отверстия, мм	Количество отверстий, шт.	Свободное сечение, д.е.
1	5	19	0,16
2	5	27	0,21
3	5	33	0,25
4	5	39	0,30
5	5	47	0,36
6	23	1	0,16
7	28,5	1	0,25
8	34	1	0,36

На рис. 4 приведен график зависимости гидравлического сопротивления тарелок провального типа  $P$ , Па от линейной скорости газа в колонны  $w$ , м/с, для свободного сечения тарелок  $f=0,16$  и диаметров отверстий  $d_0=5$  мм и  $d_0=23$  мм (тарелки №№ 1 и 6, табл. 1). Плотность орошения составила  $L=11$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup> ч).

На рис. 5 приведен график зависимости гидравлического сопротивления тарелок провального типа  $P$ , Па, от скорости газа в сечении колонны  $w$ , м/с, для свободного сечения тарелок  $f=0,36$  и диаметров отверстий  $d_0=5$  мм и  $d_0=34$  мм (тарелки №№ 5 и 8, табл. 1). Плотность орошения составила  $L=11$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup> ч).

Из рисунков видно, что тарелки с одиночными отверстиями имеют меньший диапазон устойчивой работы. Их гидравлическое сопротивление существенно выше для одних и тех же нагрузок по газовой и жидкой фазам при одинаковых значениях свободных сечений тарелок.

На рис. 6 приведены значения геометрического параметра  $T$  для тарелок №№ 1 и 6 (свободное сечение  $f=0,16$ ), а также для тарелок №№ 5 и 8 (свободное сечение  $f=0,36$ ), табл. 1.

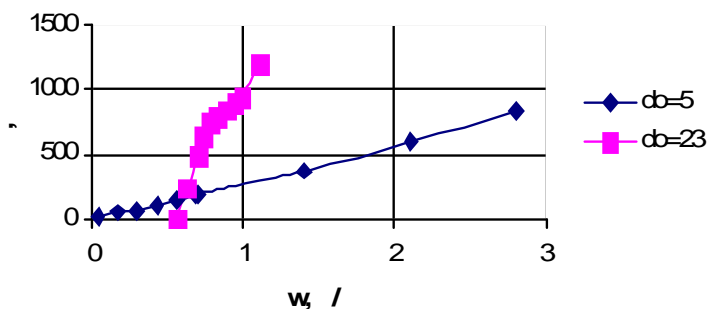


Рисунок 4 - Зависимость гидравлического сопротивления  $P$ , Па, тарелок провального типа со свободным сечением  $f=0,16$  от линейной скорости газа  $w$ , м/с

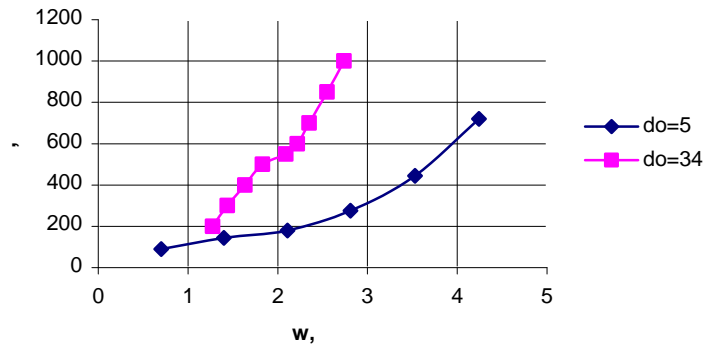


Рисунок 5 - Зависимость гидравлического сопротивления  $R$ , Па, тарелок провального типа со свободным сечением  $f=0,36$  от линейной скорости газа  $w$ , м/с

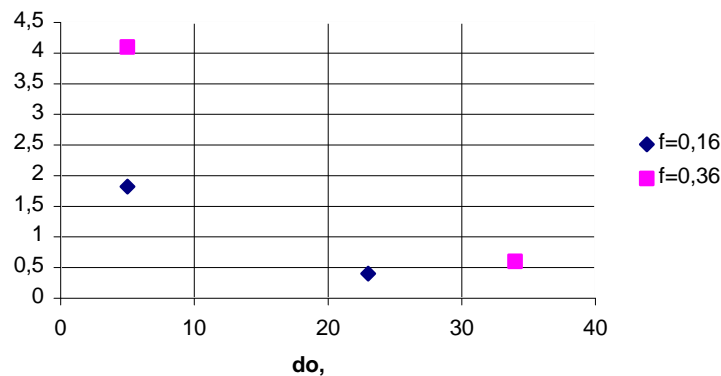


Рисунок 6 - Значения геометрического параметра  $T$  для различных диаметров отверстий  $do$ , мм, в тарелке и одинаковых свободных сечений тарелок провального типа  $f$

Наблюдается, как указывалось ранее, обратная зависимость между геометрическим параметром  $T$  и гидравлическим сопротивлением тарелок провального типа, рис. 4-6.

Таким образом можно сделать вывод, что увеличение диаметра отверстия существенно влияет на параметры барботажного слоя при одних и тех же свободных сечениях тарелок и нагрузкам по газовой и жидкой фазам.

Гидравлические характеристики тарелок провального типа, полученные в колонне малого диаметра, можно использовать при масштабном переходе от тарелок провального типа малого диаметра к тарелкам большого диаметра.

## SUMMARY

### RESEARCH OF HYDRAULIC RESISTANCE OF PLATES PASSWAY TYPE IN THE COLUMNS OF A DIFFERENT DIAMETER

*G.V. Taranenco,*  
 TI ENU named after V. Dal', Severodonetsk

*Researches of hydraulic resistance of plates of passway type of a different free section with openings of a different size, which were set in columns by a diameter  $D=0,057, 0,15, 0,4$  and*

2,0 m, are conducted. Dependence of hydraulic resistance of plates of passway type and geometrical parameter T is established.

**Key words:** hydraulic resistance, plates of passway type, диаметр колонны, inner diameter, free section.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Зайцев И.Д. Производство соды / И.Д. Зайцев, Г.А. Ткач, Н.Д. Строев. - М.: Химия, 1986. - 312 с.
2. Опыт использования тарельчатого абсорбера для улавливания бензольных углеводородов из коксового газа / В.Я. Кузнецов, И.М. Шебастюк, Л.Н. Большакова, И.Н. Конкина. – Кокс и Химия, 2005. - № 2. - С. 22-23.
3. Взаимодействие газов с жидкостями в пенном режиме / Мухленов И.П., Ткач Г.А., Зайцев И. Д. и др. //Химическая промышленность. - 1983. - № 3. - С. - 38-41.
4. Руководящий технический материал. Метод расчета колонных аппаратов общего назначения со стандартизированными тарелками. РТМ 26-01-73-75. - М., 1975. - 35 с.
5. ОСТ 26-01-1488-83. Аппараты колонные тарельчатые. Метод технологического и гидродинамического расчета. - М., 1983. - 120 с
6. Масштабный переход в химической технологии: разработка промышленных аппаратов методом гидродинамического моделирования/ А.М. Розен, Е.И. Мартюшин, В.М. Олевский и др.; под ред. докт. хим. наук А.М. Розена. - М.: Химия, 1980. - 320 с. ил.

*Поступила в редакцию 9 февраля 2011 г.*