

А. Р. Фазлыев, М. А. Сафиуллина, Н. Н. Маряхин,  
В. О. Лукин, Л. В. Фетисов

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРЕГУЛЯРНОЙ НАСАДКИ «ИХ-10»

Ключевые слова: нерегулярная насадка «ИХ-10», гидродинамика.

В данной работе представлены результаты гидродинамического исследования нерегулярной насадки производства ООО ИВЦ «Инжесхим «ИХ-10» типоразмера 10. Дано описание конструкции экспериментальной установки для исследования гидродинамических параметров, а также исследуемой насадки. Получены уравнения для расчета гидравлического сопротивления сухой и орошаемой насадки.

Keyword: The structural features of an irregular nozzle and the results of hydrodynamic studies were shown.

This paper present the results of hydrodynamic studies of irregular packing production company ITS "Ingehim "IH-10" size 10. We describe the design of the experimental setup for the study of the hydrodynamic parameters, as well as study tips. The equations for calculating the hydraulic resistance of dry and irrigated packing.

В химической промышленности при проведении массообменных процессов широко применяются насадочные колонны. К достоинствам насадочных колонн, по сравнению с тарельчатыми, можно отнести высокую эффективность, простоту конструкции, небольшое гидравлическое сопротивление, что особенно важно для работы вакуумных колонн [1].

При проектировании новой насадки ставятся следующие цели: увеличение эффективности массообменного процесса при одновременном снижении гидравлического сопротивления и технологичностью изготовления насадки.

Для достижения указанных целей специалистами ООО ИВЦ «Инжесхим» совместно с сотрудниками Казанского национального исследовательского технологического университета разработана конструкция нерегулярной насадки «ИХ-10» типоразмера 10, изображенная на рис.1, основные характеристики которой приведены в табл.1. Геометрия насадки такова, что препятствует блокированию поверхности насадки и образованию застойных зон, которые могут возникнуть при контакте поверхностей с большим радиусом кривизны.



Рис. 1 - Элемент нерегулярной насадки «ИХ-10» ТИПОРАЗМЕР 10

Особенностью новой конструкции «ИХ-10» является то, что жидкость с них стекает в виде пленки, это решает недостаток металлических колец Рашига и Палая, в которых жидкость стекает в виде капель и струй снижающее эффективность массообмена [2]. Достаточно несложная конструкция насадки позволяет изготавливать ее методом листовой штамповки, что снижает себестоимость ее изготовления.

Для исследования гидродинамических характеристик насадочных контактных устройств в КНИТУ создана экспериментальная установка с колонной

диаметром 90 мм (рис.2), которая заполненная насадкой высотой 350 мм.

Таблица 1 – Основные характеристики насадки «ИХ-10» типоразмер 10

Удельная поверхность, $a, \text{м}^2/\text{м}^3$	360
Удельный свободный объем, $\square, \text{м}^3/\text{м}^3$	0,95

Экспериментальная установка состоит из модели насадочного аппарата (колонна) 1, диафрагмы 2 с установленным на нем цифровым датчиком перепада давления 11 для измерения расхода воздуха, подаваемый компрессором 3, количество подаваемого воздуха регулируется лабораторным автотрансформатором 4, сверху через ороситель 9 подается обратная вода, расход которого контролируется вентилем 7, а значение фиксируется цифровым расходомером 8, перепад давления в колонне измеряется цифровым датчиком перепада давления 10.

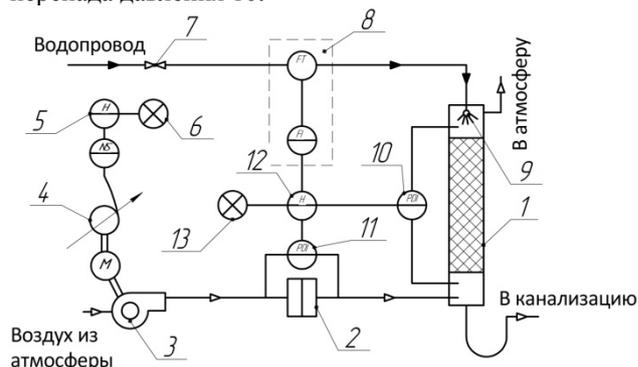


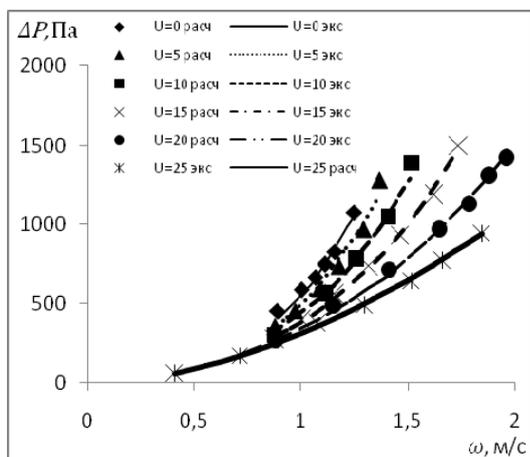
Рис. 2 - Схема экспериментальной установки

Экспериментальные исследования насадочного слоя выполнялись на системе воздух-вода, где фиктивная скорость воздуха в колонне достигала 2м/с, плотность орошения составляла  $U=5, 10, 15, 20, 25 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{час})$ . Результат экспериментальных исследований приведены на рис. 3

Сопротивление слоя сухой насадки определяется по известному уравнению Дарси-Вейсбаха [3]:

$$\Delta P_{\text{сух}} = \xi_0 \cdot \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\rho_g \cdot \omega_g^2}{2}, \quad (1)$$

где  $\Delta P_{\text{сух}}$  - гидравлическое сопротивление сухой насадки, Па;  $\xi_0$  - коэффициент сопротивления сухой насадки;  $H$  - высота слоя насадки, м;  $d_s$  - эквивалентный диаметр;  $\rho_g$  - плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;  $\omega_g$  - скорость газа, м/с.



**Рис. 3 - График зависимости перепада давления  $\Delta P$  [Па] от скорости газа  $\omega$  [м/с], при различных плотностях орошения  $U$  [м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·час)] для экспериментальных и расчетных значений**

В выражении (1) коэффициент гидравлического сопротивления  $\xi_0$  является функцией критерия Рейнольдса для газа вида  $\xi_0 = A \cdot \text{Re}_g^B$ , где  $A$  и  $B$  - эмпирические коэффициенты.

В результате обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов получено следующее выражение для определения гидравлического сопротивления сухой насадки «ИХ - 10»:

$$\Delta P_{\text{сух}} = 1,91 \cdot \text{Re}_g^{0,025} \cdot \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\rho_g \cdot \omega_g^2}{2}.$$

© **А. Р. Фазлыев** – асп. каф. процессов и аппаратов химической технологии КНИТУ, fazlyev.azat@gmail.com; **М. А. Сафиуллина** – бакалавр КНИТУ; **Н. Н. Маряхин** – канд. техн. наук, доц. каф. процессов и аппаратов химической технологии КНИТУ; **В. О. Лукин** – канд. техн. наук, доц. каф. машин и аппаратов химических производств КНИТУ; **Л. В. Фетисов** – канд. техн. наук, доц. КГЭУ.

Погрешность аппроксимации экспериментальных данных по уравнению (2) составляет 2,6%.

Гидравлическое сопротивление слоя орошаемой насадки определялось при изменении скорости воздуха до 2 м/с и плотности орошения  $U_L = \frac{4 \cdot L}{\pi \cdot D^2}$  от 5 до 25 м<sup>3</sup>/ч, где  $L$  - расход жидкости, м<sup>3</sup>/ч,  $D$  - внутренний диаметр колонны, м.

При работе колонны в пленочном режиме для определения гидравлического сопротивления орошаемой насадки часто используют выражение вида [3]

$$\Delta P_{\text{оп}} = (a \cdot \omega_g^b \cdot U_L^c + 1) \cdot \Delta P_{\text{сух}},$$

где  $\Delta P_{\text{оп}}$  - гидравлическое сопротивление орошаемой насадки, Па;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - эмпирические коэффициенты.

В результате обработки массива экспериментальных данных получено следующее выражение для определения гидравлического сопротивления орошаемой насадки «ИХ - 10»:

$$\Delta P_{\text{оп}} = (0,003 \cdot \omega_g^{2,23} \cdot U_L^{1,77} + 1) \cdot \Delta P_{\text{сух}}, \quad (4)$$

Среднее квадратичное отклонение экспериментальных данных от расчета по уравнению (4) составляет 6%.

Насадку «ИХ-10» рекомендуется использовать на малотоннажных производствах, а также в качестве внутреннего устройства лабораторных установок для изучения гидродинамики насадочных колонн.

## Литература

1. Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В. расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи): Учебное пособие – М.: Альфа-М. 2008-720 с.: ил.
2. Гидродинамические исследования нерегулярной насадки “Инжехим 2004М”./Г.С. Дьяконов, М.И. Фарахов, Д.Л. Семенов, И.М. Шигапов, Н.Н. Маряхин.//Теплообменные процессы и аппараты.
3. Рамм В.М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1976