

Сандуляк Дарья Александровна

магистрант

Полисмакова Мария Николаевна

магистрант

ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»

г. Москва, Россия

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА ПОТОКА В ПОЛИШАРОВОЙ СРЕДЕ
ПО ХАРАКТЕРУ СКОРОСТНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ**

*Аннотация: в данной статье применительно к гранулированному (полиша-
ровому) слою анализируется подход, позволяющий по виду зависимости гидрав-
лического сопротивления от скорости фильтрации и числа Рейнольдса опреде-
лять переход режима потока от ламинарного к турбулентному.*

*Ключевые слова: гранулированный слой, гидравлическое сопротивление, ла-
минарный режим, турбулентный режим.*

Для определения гидравлического сопротивления Δp гранулированного (зернистого) слоя пористостью ω в аппаратах тепло- и массообмена формально берется классическая зависимость $\Delta p = \xi \rho L v^2 / 2d$, где ξ – коэффициент гидравлического сопротивления, v – скорость фильтрации, L – толщина слоя среды, d – диаметр гранул, ρ и v – плотность и кинематическая вязкость потока.

В работе [1] использованы результаты обобщения Боришанским В.М. и др. массива экспериментальных данных, что позволило получить связь коэффициента ξ с числом Рейнольдса Re для достаточно широкого диапазона $Re = 1 - 10^5$ и развернутую формулу для Δp :

$$\Delta p = \left[\frac{40}{Re} + \frac{4}{\ln(Re+1+1/Re)} \right] \frac{1}{\omega^{4.2}} \frac{\rho L}{2d} v^2, \quad (1)$$

Но такой подход не позволяет получить информацию о режиме потока: ламинарный или турбулентный.

В [1] описаны экспериментальные зависимости Δp от v в диапазоне от 0,4 см/с до 15 см/с для гранулированных слоев с диаметром гранул-шаров $d=3,1$ мм. Обработка результатов в логарифмических координатах дает наглядное представление об «изломе» зависимости Δp от v , который приходится на значение $v = [v] = 2,1\text{--}2,3$ см/с. Для слоев с диаметром гранул-шаров $d=6,0$ мм и $d=7,9$ мм «излом» приходится на значения скорости, равные 1,1–1,3 и 0,8–1 см/с соответственно.

Вместе с тем, значения $[Re] = [v]d/v$ становятся практически одинаковыми, а именно $[Re] = 60 - 80$. При этом до $v = [v]$ и соответственно до $Re = [Re]$, т.е. до «излома» зависимостей Δp от v и Re , связи Δp с v и Re – прямые пропорциональные, т.е. $\Delta p \sim v$ и $\Delta p \sim Re$. Значит, с точностью до коэффициента $k_1 = 50 - 55$ приведенный параметр гидравлического сопротивления ξ_{Re} (выражение в квадратных скобках в формуле (1)) должен иметь тривиальную обратную связь с Re типа $\xi_{Re} = k_1/Re$. Тогда формулу для Δp при $v \leq [v]$ и $Re \leq [Re]$ можно представить в виде:

$$\Delta p = \frac{k_1}{Re} \frac{\rho L}{\omega^{4,2} 2d} v^2 = k_1 \frac{\rho v^2 L}{2\omega^{4,2} d^3} Re, \quad (2)$$

При $v > [v]$ и $Re > [Re] = 60 - 80$ связи Δp с v и Re в принятых диапазонах изменения v и Re являются степенными: $\Delta p \sim v^{1,75}$ и $\Delta p \sim Re^{1,75}$. Значит, с точностью до коэффициента $k_2 = 2,1 - 2,3$ параметр ξ_{Re} должен иметь обратную связь с Re типа $\xi_{Re} = k_1/Re^{0,25}$. Тогда формулу для Δp при $Re > [Re]$ можно представить в виде:

$$\Delta p = \frac{k_2}{Re^{0,25}} \frac{\rho L}{\omega^{4,2} 2d} v^2 = k_2 \frac{\rho v^2 L}{2\omega^{4,2} d^3} Re^{1,75}, \quad (3)$$

Судя по формулам (2) и (3) для Δp , применительно к ламинарному и турбулентному режимам, взаимосвязь параметров $\Delta p d^3 \omega^{4,2}$ может служить ординатой обобщения экспериментальных данных. Так, в координатах $\Delta p d^3 \omega^{4,2}$ от Re они действительно обобщаются единой зависимостью (рис. 1), что подтверждает достоверность избранного подхода.

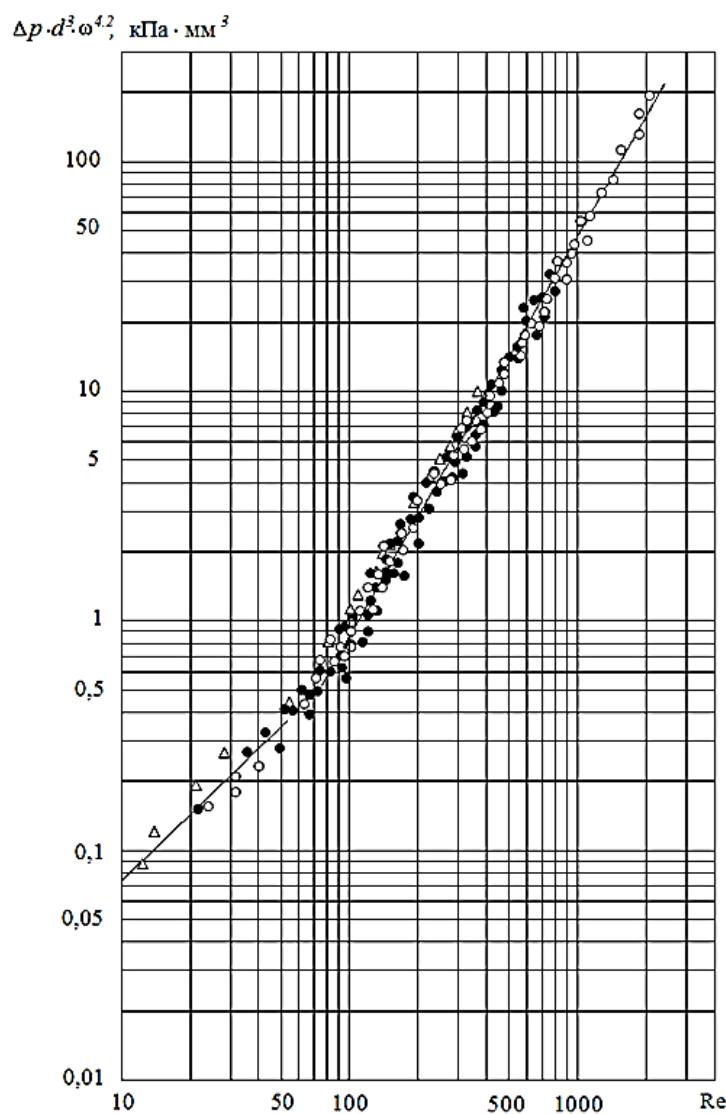


Рис. 1. Обобщающая зависимость: $\Delta p d^3 \omega^{4,2}$ от Re

Список литературы

1. Сандуляк А.В. Магнитно-фильтрационная очистка жидкостей и газов. – М.: Химия, 1988.