

**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  $\Delta p$  гранулированного (зернистого) слоя пористостью  $\omega$  в аппаратах тепло- и массообмена формально берется классическая зависимость  $\Delta p = \xi \rho L v^2 / 2d$ , где  $\xi$  – коэффициент гидравли- ческого сопротивления,  $v$  – скорость фильтрации,  $L$  – толщина слоя среды,  $d$  – диаметр гранул,  $\rho$  и  $\nu$  – плотность и кинематическая вязкость потока.

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

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

Но такой подход не позволяет получить информацию о режиме потока: ла- минарный или турбулентный.

В [1] описаны экспериментальные зависимости  $\Delta p$  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  $\Delta p$  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  $\Delta p$  от  $v$  и  $Re$ , связи  $\Delta p$  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  $\xi_{Re}$  (выражение в квадратных скобках в формуле (1)) должен иметь тривиальную обратную связь с  $Re$  типа  $\xi_{Re} = k_1/Re$ . Тогда формулу для  $\Delta p$  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  $\Delta p$  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  $\xi_{Re}$  должен иметь обратную связь с  $Re$  типа  $\xi_{Re} = k_1/Re^{0,25}$ . Тогда формулу для  $\Delta p$  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  $\Delta p$ , 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.

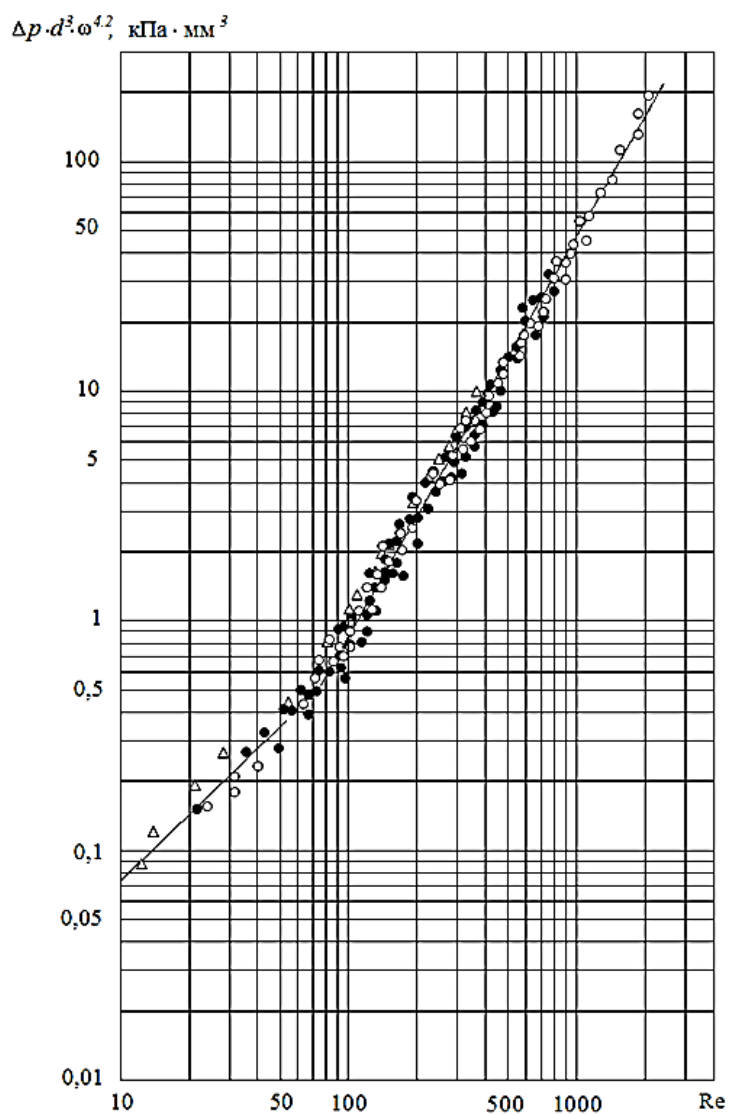


Рис. 1. Обобщающая зависимость:  $\Delta p d^3 \omega^{4.2}$  от Re

### Список литературы

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