

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 532.55

И. Б. Грудников, Ю. И. Грудникова

К определению гидравлических сопротивлений при движении вязких несжимаемых жидкостей

Уфимский государственный нефтяной технический университет
450062, Уфа, ул. Космонавтов, 1; тел. (347) 2420932, e-mail: grudnikov@ufanet.ru

I. B. Grudnikov, Yu. I. Grudnikova

To the calculation of hydraulic resistances for the streams of viscous incompressible fluids

Ufa State Petroleum Technological University
1, Kosmonavtov Str., 450062, Ufa, Russia; ph. (347) 2420932, e-mail: grudnikov@ufanet.ru

На основе фундаментальных законов классической гидродинамики сопоставлены методы расчета коэффициентов гидравлического сопротивления при движении вязких несжимаемых жидкостей в трубопроводах. Сделано сравнение традиционного метода, являющегося формальным для турбулентного течения, и нового метода, имеющего теоретическое обоснование как для турбулентного, так и для ламинарного течения. Сопоставлено также количество математических операций, необходимых для расчета потеряннного напора для обоих режимов течения.

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление; гидродинамика; потеряннный напор.

Важным для изучения гидродинамики вязких несжимаемых жидкостей является уравнение Навье-Стокса, в котором слагаемое, представляющее собой произведение вязкости μ и лапласиана скорости $\nabla^2 \omega$ жидкости, отражает действие сил трения. Определение этого слагаемого вызывает затруднения, которые обходят, отбрасывая указанное слагаемое и переходя тем самым к дифференциальному уравнению движения Эйлера и далее к уравнению Бернулли для идеальной жидкости с одновременным введением поправки, учитывающей реальное гидравлическое сопротивление – потеряннный напор h . Этот напор по уравнению Дарси-Вейсбаха:

$$h = \lambda (l/d)(\omega^2/2g) \text{ зависит от } \omega^2/2g,$$

где g – ускорение свободного падения,
 λ – коэффициент гидравлического сопротивления,
 l и d – длина и диаметр трубопровода.

Известно интересное мнение^{1,2}, что по физическому смыслу потеряннный напор должен включать величины, входящие в отброшенное слагаемое. Поэтому предложено для расчета h использовать величину v/ω , а не $\omega^2/2g$. Уравнение Дарси-Вейсбаха считается формальным.

С последним в случае ламинарного течения можно не согласиться. Сочетание уравнения

Дата поступления 19.12.10

On the base of the fundamental laws of classical hydrodynamics the calculation methods for the hydraulic resistance coefficient for the streams of viscous incompressible fluids in pipelines were compared. The traditional method which is formal for turbulent flow and the new method which is theoretically well-grounded for turbulent and laminar flows were compared. The mathematical operation quantity which is necessary for the calculation of waste pressure for both types of flows were also compared.

Key words: hydraulic resistance; hydrodynamics; waste pressure.

Бернулли и уравнения Гагена-Пуазейля, которое содержит величины вязкости и скорости жидкости и которое может быть выведено независимо от уравнения Навье-Стокса, приводит к уравнению Дарси-Вейсбаха, физически обоснованному для такого случая.

В случае же турбулентного течения действительно представляется более обоснованным использование величины v/ω , а не $\omega^2/2g$. Естественно, что такой подход может быть использован и для ламинарного течения. Для расчета h предложено² несколько иное уравнение с численно другим коэффициентом гидравлического сопротивления (λ^*):

$$h = \lambda^* (l/d)(v/\omega)$$

Здесь этот коэффициент для ламинарного течения равен 32 Fr , а не $64/\text{Re}$ (как в уравнении Дарси-Вейсбаха), где Fr и Re – критерии Фруда и Рейнольдса. Для турбулентного течения – $0.158 \text{ FrRe}^{0.75}$, а не $0.316 \text{ Re}^{-0.25}$.

В обоих случаях количество операций для расчета h почти одинаково.

Литература

1. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 1 / Под ред. В. Г. Айнштейна. М.: Химия, 1999. – 888 с.
2. Айнштейн В. Г. // Химия и технология топлив и масел. – 2001. – №1. – С. 21.