



УДК 532+620.197

С.И. Ильина, И.В. Рожкова, С.А. Жарков

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

К РАСЧЕТУ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Comparison of various methods of calculation of coefficient of a friction in the polymeric pipelines resulted in references is spent. It is shown that to calculation of coefficient of a friction probably to apply the formula of Altshulja.

Проведено сравнение различных методов расчета коэффициента трения в полимерных трубопроводах, приводимых в литературных источниках. Показано, что для расчета коэффициента трения возможно применять формулу Альтшуля.

Многообразие химических процессов привело к созданию самых разнообразных по размерам и конструкциям аппаратов. Однако ни одно химическое производство не может обойтись без трубопроводов. «Трубы и трубопроводы позволяют обеспечивать в процессе эксплуатации направленное, необратимое и закономерное движение транспортируемой среды», что дает «возможность развития как отдельных технологических систем, так и производственных комплексов, где они используются» [1].

Существуют различные классификации трубопроводов (они будут рассмотрены позже). Одним из важных критериев подбора трубопровода является материал, из которого он изготовлен.

Трубопроводы бывают металлические и неметаллические. В качестве металлических чаще всего используются стальные и чугунные трубопроводы, а неметаллических – полимерные.

В настоящее время полимерные трубы во всем мире находят всё большее применение. В России на сегодняшний день использование пластмассовых труб составляет около 25% от общего объёма [2]. В основном их используют в системах водоотведения и канализации. В последнее время полимерные трубы находят широкое применение для строительства газопроводов. Высокая коррозионная устойчивость делают перспективным применение полимерных труб в химической промышленности. В связи с этим возникает вопрос о гидравлическом расчете полимерных труб.

Как известно, гидравлический расчет трубопроводов заключается в определении потерь напора на преодоление гидравлических сопротивлений на трение и местных сопротивлений, которые возникают в стыковых соединениях трубопроводных систем, в различных запорных и регулирующих устройствах (затворках, затворах, диафрагмах и т. д.), в местах резких поворотов и изменений диаметра трубопровода.

Общую потерю напора обычно находят как арифметическую сумму потерь на трение и местные сопротивления. Расчет гидравлического сопротивления необходим для определения затрат энергии на перемещение жидкостей и газов и подбора машин, используемых для перемещения, – насосов, вентиляторов и т. п.



Значения коэффициентов местных сопротивлений в общем случае зависят от вида местного сопротивления и режима движения жидкости.

Формулы для расчета коэффициента трения λ зависят от режима движения и шероховатости трубопровода.

В нормативных документах [3] для расчета коэффициента трения рекомендуется пользоваться уравнением:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0,5 \cdot \left[\frac{b}{2} + \frac{1,312 \cdot (2-b) \cdot \lg(3,7d / K_{\text{э}})}{\lg \text{Re} - 1} \right]}{\lg(3,7d / K_{\text{э}})}, \quad (1)$$

где b – число подобия режимов течения жидкости; Re – число Рейнольдса; $K_{\text{э}}$ – коэффициент эквивалентной шероховатости, м, приводится в отдельных сводах правил, но не менее 0,000001 м.

Число подобия режимов течения жидкости b определяют по формуле:

$$b = 1 + \frac{\lg \text{Re}}{\lg \text{Re}_{\text{KB}}}, \quad (2)$$

(при $b > 2$ следует принимать $b = 2$).

Число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной области гидравлических сопротивлений при турбулентном движении жидкости, определяется по формуле [3]:

$$\text{Re}_{\text{KB}} = \frac{500d}{K_{\text{э}}}. \quad (3)$$

Кроме этого, для расчета водопроводов широко используется формула, предложенная Ф. А. Шевелевым [4]:

$$\lambda = \frac{0,25}{\text{Re}^{0,226}}, \quad (4)$$

В эту формулу необходимо ввести коэффициент, равный 1,15, учитывающий различия качества укладки труб в лабораторных и производственных условиях, а также влияние стыков.

Однако стоит отметить, что выше названные формулы предназначены для расчетов в турбулентной области.

Нами были сопоставлены расчеты по этим формулам с расчетами по формуле Альтшуля, которой мы часто пользуемся при расчете коэффициента трения в курсе процессов и аппаратов химической технологии:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} - \quad (5)$$

В этих формулах $e = \frac{\Delta}{d_{\text{э}}}$ – относительная шероховатость трубы;

Δ – абсолютная шероховатость трубы (средняя высота выступов на поверхности трубы).

В учебном процессе рассчитываются, как правило, стальные и, в качестве примера гидравлически гладких, стеклянные трубопроводы. Не смотря на то, что полимерные трубы известны уже давно, данных по ним в учеб-



ной литературе [5] не встречается. В связи с этим возник вопрос: справедливо ли уравнение Альтшуля для расчета коэффициентов трения в полимерных трубопроводах?

Обобщив данные по шероховатости для полимерных трубопроводов [6], получены следующие ориентировочные значения абсолютной шероховатости:

Полимерные трубы $d < 50$ мм	0,0015-0,005
Полимерные трубы $d > 50$ мм	0,01-0,05

Как правило, для полимерных (пластиковых) труб меньшие значения шероховатостей соответствуют трубам малого диаметра, а большие — трубам большого диаметра, внутренние поверхности которых в силу технологических особенностей часто обрабатываются менее тщательно [6].

Нами были сопоставлены расчеты коэффициента трения всеми вышеперечисленными способами. Было получено, что в области турбулентного режима расчеты по формулам (1) и (5) дают одинаковые результаты - погрешность расчетов не превышает 3 %. Для расчета водопроводов также применима формула (4)- в этом случае погрешность расчетов также не превышает 3%.

Полученные расчетные данные позволяют существенно упростить расчеты коэффициента трения для полимерных трубопроводов.

Библиографические ссылки

1. Фаттахов М.М. Исторические аспекты развития трубопроводного транспорта. //История науки и техники, 2008. №9 (спец. выпуск №4). С. 66-74.
2. Глухова О.В., Фаттахов М.М. Эффективность применения трубопроводов из полиэтиленовых труб./ [Электронный ресурс]. // URL: <http://www.ogbus.ru> (Дата обращения 03.05.2011).
3. СП 40 – 102 – 2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования».
4. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. Изд. 5-е, доп./Всесоюз. науч.-исслед. ин-т водоснабжения, канализации и гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии— ВОД ГЕО. М. : Стройиздат, 1973. 112 с.
5. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов. /[под ред. чл.-корр. АН России П. Г. Романкова]; 11-е изд., стереотипное. Перепечатка с изд. 1987г. М.: ООО «РусМедиаКонслт», 2004. 576 с.
6. Справочные данные по аэро- и гидродинамике./ [Электронный ресурс]. // URL: <http://khd2.narod.ru/info/datahyd.htm> (Дата обращения 03.05.2011).