

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАПОРНОГО ТРУБОПРОВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ ЧИСЕЛ (L-R)-ТИПА

Глухова Н.В., аспирант

(Национальный горный университет, г. Днепрпетровск, Украина)

В настоящее время отсутствуют универсальные теоретические модели для математического описания режимов движения жидкостей в трубопроводных магистралях не только для многофазных сред, но даже для однородных жидкостей (например, нефти и газа) [1]. Поэтому для гидравлического расчета применяются математические модели и зависимости, основанные на экспериментальных данных и экспертных знаниях.

При использовании математического аппарата нечетких чисел могут быть оценены неточности в гидравлическом расчете, обусловленные необходимостью применения эмпирических моделей, экспериментальных данных и приблизительного задания некоторых исходных параметров [2]. Нечеткий подход к гидравлическому расчету позволяет математически формализовать неточно заданные параметры и при этом сохранить прозрачность используемой методики расчета.

Нечеткое число \tilde{A} может быть представлено на действительной прямой как нечеткий набор, характеристикой которого служит функция принадлежности $\mu_{\tilde{A}} : R \rightarrow [0, 1]$. Нечеткое число описывается следующим образом [3]:

$$\tilde{A} = \int \mu_{\tilde{A}}(x) / x,$$

где $\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0, 1]$ – степень принадлежности нечеткого числа $x \in R$ множеству \tilde{A} ; \int – объединение по всем $x \in R$; R – действительная прямая.

Для описания параметров гидротранспортной системы, заданных в неточной форме, предлагается использовать нечеткие числа (L-R)-типа, поскольку они обеспечивают простую интер

претацию расширенных бинарных операций над нечеткими числами [3]. Функция принадлежности нечеткого числа (L-R)-типа должна удовлетворять следующим требованиям:

$$L(-x) = L(x), \quad R(-x) = R(x), \quad L(0) = R(0) = 1,$$

где L и R - невозрастающие функции на множестве неотрицательных действительных чисел. Нечеткое число (L-R)-типа можно записывать в виде тройки параметров:

$$\tilde{A} = (a, a_l, a_r)_{LR},$$

где a - среднее значение (мода) нечеткого числа (L-R)-типа, a_l , a_r - соответственно левый и правый коэффициенты нечеткости.

Например, эмпирические коэффициенты, используемые в работе [4] для расчета движения полидисперсной гидросмеси, могут быть представлены в виде нечетких чисел (L-R)-типа: $\tilde{c} = (7.0; 2.0; 2.0)$, $\tilde{c}' = (3.0; 0.0; 2.0)$, $\tilde{c}'' = (1.5; 0.5; 0.5)$, $\tilde{c}_0 = (1.2; 0.0; 0.6)$, $\tilde{c}_1 = (5.0; 0.0; 4.0)$. В этом случае гидравлический расчет реализуется исходя из известных эмпирических или полуэмпирических методов, однако, вместо точных значений параметров подставляются при необходимости их нечеткие соответствия. Например, нечеткое значение удельных гидравлических потерь напора при движении гидросмеси в горизонтальных участках трубопровода определяется, базирясь на известной зависимости [4]:

$$\tilde{i}_2 = \frac{i_0 \tilde{c}_0 \lambda_{1c} (1 + \tilde{a} \tilde{s}_c)}{\lambda_0} + \frac{\tilde{c}_1 \tilde{a}_c \tilde{s}_2 \tilde{u}_{1c}}{\tilde{u}_p}, \quad (1)$$

где i_0 - удельные потери напора при движении чистой воды (параметр может быть найден из табличных данных); \tilde{c}_0 , \tilde{c}_1 - коэффициенты, рекомендуемые экспертами на основании экспериментальных данных; λ_{1c} - коэффициент сопротивления движению несущей среды (в некоторых случаях может быть представлен также в нечетком виде); \tilde{a} - относительная плотность твердого вещества в воде; \tilde{s}_c - объемная концентрация в гидросмеси тонких фракций; λ_0 - коэффициент сопротивления движению чистой

воды; \tilde{a}_c - относительная плотность твердого в несущей среде; \tilde{s}_2 - объемная концентрация в гидросмеси мелких фракций твердого вещества; \tilde{u}_{1c} - скорость стесненного падения твердых частиц в несущей среде; \tilde{u}_p - расчетная рабочая скорость движения гидросмеси в трубопроводе.

Аналогично (1) могут быть составлены все остальные выражения для выполнения гидравлического расчета. Арифметические операции, используемые для реализации гидравлического расчета при введении нечетких чисел (L-R)-типа, выполняются следующим образом [3]:

Сложение: $(a, a_l, a_r)_{LR} + (b, b_l, b_r)_{LR} = (c, c_l, c_r)_{LR}$,
 где $c = a + b$, $c_l = a_l + b_l$, $c_r = a_r + b_r$.

Вычитание: $(a, a_l, a_r)_{LR} - (b, b_l, b_r)_{LR} = (c, c_l, c_r)_{LR}$,
 где $c = a - b$, $c_l = a_l - b_l$, $c_r = a_r - b_r$.

Умножение: $(a, a_l, a_r)_{LR} * (b, b_l, b_r)_{LR} \cong (c, c_l, c_r)_{LR}$,
 для $a > 0, b > 0$ $c = a * b$, $c_l = ab_l + ba_l$, $c_r = ab_r + ba_r$.

Деление:
 для $a > 0, b > 0$ $(a, a_l, a_r)_{LR} \div (b, b_l, b_r)_{LR} \cong (c, c_l, c_r)_{LR}$,
 $c = \frac{a}{b}$, $c_l = \frac{ab_r + ba_l}{b^2}$, $c_r = \frac{ab_l + ba_r}{b^2}$.

Перечень ссылок

1. Середюк М.Д., Люта Н.В. Обгрунтування вибору математичних моделей для коефіцієнта гідравлічного опору в нафтопроводах // Нафтова і газова промисловість. – 2000. - №2. – С.35-37.
2. Глухова Н.В., Горобец В.И., Корсун В.И. Нечеткая модель струйного аппарата, используемого в гидротранспортных системах // Науковий вісник Національної гірничої академії України. – 2000. – №5. – С.48–50.
3. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 312с.

4. Дмитриев Г.П. и др. Напорные гидротранспортные системы: Справочное пособие. – М.:Недра, 1991. – 304 с.