

**АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ДЛЯ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ
ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ З ПЛАСТМАСОВИХ ТРУБ,
НАВЕДЕНИХ В НОРМАТИВНІЙ БАЗІ**

Желяк В.І., Регуш А.Я.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів

В статті проаналізовано існуючі залежності наведених в нормативних документах та відомих дослідженнях з визначення гідрравлічного опору в пластмасових трубах.

Ключові слова: *пластмасова труба, втрати напору, шорсткість.*

В статье проанализировано существующие зависимости приведенных в нормативных документах и известных исследованиях по определению гидравлического сопротивления в пластмассовых трубах.

Ключевые слова: *пластмассовая труба, потери напора, шероховатость.*

The article analyzes the existing dependence listed in the regulations and famous research to determine the hydraulic resistance in plastic pipes.

Keywords: *plastic pipe, head losses, roughness.*

В останні десятиліття пластмасові труби міцно закріпились на вітчизняному ринку будівництва та реконструкції систем подачі та розподілу води. Тенденція до їх використання знайшла своє логічне відображення у ряді нових нормативних документів, серед яких ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». При чому в цьому документі зазначено, що під пластмасовою трубою розуміють трубу, що виготовлена із застосуванням полімерних матеріалів (поліетилену, поліпропілену, не пластифікованого полівінілхлориду тощо) або різноманітних їх сполучень. На сьогоднішній день проектні організації при виборі труб, як правило, роблять посилання на п. 12.21 ДБН В.2.5-74:2013, в якому зазначено, що для напірних водоводів і мереж слід приймати пластмасові труби згідно ДСТУ Б В.2.7-141, ДСТУ Б В.2.7-151, ДСТУ Б В.2.7-178 тощо.

Для гідрравлічного розрахунку трубопроводів з пластмасових труб ДБН В.2.5-74:2013 рекомендує використовувати залежності, наведені у

довідниковому додатку К цього документа. Згідно цих рекомендацій коефіцієнт гідравлічного опору λ визначається за формулою єдиною для труб з різних матеріалів:

$$\lambda = A_1 \left(A_0 + \frac{C}{V} \right)^m \cdot \frac{1}{d^m}, \quad (1)$$

де d – внутрішній діаметр труб, м; V – середня швидкість руху води, м/с; A_1, A_0, C – коефіцієнти, значення яких приймають в залежності від матеріалу і стану труб.

В п. К2 додатку вказано, що значення коефіцієнтів A_1, A_0, C та m слід приймати з наведених вище ДСТУ або технічних умов на виготовлення труб. Проте ці документи не містять таких даних. Очевидно, підприємства виробники пластмасових труб не проводять експериментальних досліджень для визначення гідравлічних характеристик своєї продукції.

В такому випадку додаток К пропонує значення цих коефіцієнтів приймати з наведеної в ньому таблиці К1, а саме: $1000A_1 = 13,44$, $A_0 = 0$, $C = 1$, $m = 0,226$, тобто значення цих коефіцієнтів запозичені з вже не діючого СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения".

Фактично ДБН В.2.5-74:2013 рекомендує для визначення коефіцієнта гідравлічного опору пластмасових труб використовувати залежність, отриману Ф.А. Шевелевим та В.Ф. Тольцманом, роботи яких відносяться до 60-х років минулого століття [1]. Запропонована ними формула

$$\lambda = \frac{0,25}{\text{Re}^{0,226}}, \quad (2)$$

відображає закон опору для гідравлічно гладкої труби. Беручи до уваги збільшення гідравлічного опору ділянки труб за рахунок наявності стикових з'єднань, прийнятого авторами в розмірі 1,15 та кінематичну в'язкість води при температурі 10°C формула (2) набуває вигляду:

$$\lambda = \frac{0,01344}{V^{0,226} d^{0,226}}, \quad (3)$$

що відповідає прийнятим у ДБН В.2.5-74:2013 коефіцієнтам.

На наш погляд використання формули (3) для гідравлічних розрахунків трубопроводів з пластмасових труб не є коректним, оскільки самі автори формули (2) зазначили, що ця залежність отримана ними для труб з поліетилену та вінілпласта. В той же час, вітчизняний ринок представлений трубами з поліпропілену, полівінілхлориду, поліаміду, полібутилену, склопластика та ін. При цьому слід відзначити, що характеристики поверхонь пластмасових труб однакового призначення, але різних виробників, можуть істотно відрізнятись. Сумніву підлягає також прийняте авторами допущення існування області гладкостінного опору у всьому діапазоні реальних середніх швидкостей. Таким чином, виключається сам факт впливу на гідравлічний опір виступів шорсткості внутрішньої стінки труби. Це набуває особливого значення при роботі трубопроводів у режимах гасіння пожежі, коли середні швидкості руху води значно перевищують економічні.

У 2 частині (нормативні посилання) ДБН В.2.5-74:2013 є посилання на ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 «Зовнішні мережі та споруди. Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб» (в подальшому по тексту даний ДСТУ не згадується). У п.5.3.1.2 цього документа наведена формула для визначення коефіцієнта гідравлічного опору λ , яка враховує еквівалентну шорсткість трубопроводу:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0,5 \left[\frac{b}{2} + \frac{1,312(2-b) \lg \left(3,7 \frac{d}{\Delta_e} \right)}{\lg \text{Re}_\phi - 1} \right]}{\lg \left(3,7 \frac{d}{\Delta_e} \right)}, \quad (4)$$

де Δ_e – еквівалентна шорсткість труби, м; Re_ϕ – фактичне число Рейнольдса; b – число, яке характеризує подібність режимів руху води:

$$b = 1 + \frac{\lg \text{Re}_\phi}{\lg \text{Re}_{\text{кв}}},$$

де $\text{Re}_{\text{кв}}$ – число Рейнольдса, яке відповідає початку існування області квадратичного опору для даної труби.

Формула (4) наведена в російському документі СП 40-102-2000 "Проектирование и монтаж трубопроводов и систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов", в якому знайшли відображення теоретичні та експериментальні роботи з визначення втрат напору в трубах круглого та прямокутного перерізу А.Я. Добромислова [2]. На основі критичного аналізу робіт Л. Прандтля, І. Нікурадзе, Т. Кармана, Ф.А. Шевелева та ін. автор роботи [2] дійшов до висновку, що розрахунок коефіцієнта λ для трубопроводів з пластмаси слід проводити за формулою Колбука-Уайта:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{\Delta_e}{3,7d} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right), \quad (5)$$

яка вважається універсальною для розрахунку напірних круглоциліндричних труб (застосовується для всього діапазону чисел Рейнольдса при турбулентній течії) [3]. Запропонована ним залежність (4) є нічим іншим, як апроксимацією формули (5), але є зручною у користуванні (дозволяє визначити коефіцієнт λ з першого рахунку).

Дані рекомендації також не позбавлені певних недоліків, серед яких найважливішим є відсутність достовірних даних відносно еквівалентної шорсткості пластмасових труб. Як зазначалось вище, вітчизняні підприємства виробники не проводять досліджень в цьому напрямі. В будь-якому випадку, автори ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 для розрахунків коефіцієнта λ за формулою (4) рекомендують приймати еквівалентну шорсткість не менше 0,01 мм. В той же час, натурні дослідження мереж з пластмасових труб за закордонними джерелами дають діапазон значень $\Delta_e = 0,005 \div 0,05$ мм. В доданок до вище сказаного слід зазначити, що вимоги ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 не поширюються на проектування трубопроводів об'єднаної та роздільної протипожежної мережі зовнішнього та внутрішнього водопостачання.

Серед зарубіжних нормативних документів, які стосуються даної тематики, варто відмітити найпоширеніший на практиці стандарт ISO TR 10501 "Thermoplastics pipes for the transport of liquids under pressure - Calculation of head losses". Згідно цього документа в основу гідравлічного розрахунку трубопроводів з поліетиленових труб покладено формулу для визначення гідравлічного похилу:

$$i_0 = K \frac{V^n}{d^m},$$

де K , n , m – емпіричні константи, значення яких приймають в залежності від числа Рейнольдса. Оскільки, гідравлічний похил i_0 пов'язаний із коефіцієнтом λ залежністю

$$i_0 = \lambda \frac{1}{d} \cdot \frac{V^2}{2g},$$

то, очевидно, що стандарт ISO TR 10501 не враховує стан внутрішньої поверхні труб, який зумовлений особливостями технології виробництва на різних підприємствах.

Отже, підсумовуючи вище сказане, можна зробити наступні

ВИСНОВКИ:

– вітчизняні нормативні документи, які призначені для надання рекомендацій в частині гідравлічного розрахунку мереж водопостачання з пластмасових труб, не наводять достовірних розрахункових залежностей, а є лише компіляцією застарілої нормативної бази;

– незважаючи на значну кількість іноземної довідникової літератури, відкритим залишається питання вибору розрахункових залежностей, які можна було б адаптувати для визначення втрат напору в трубопроводах з вітчизняних пластмасових труб;

– найбільш об'єктивною гідравлічною характеристикою пластмасової труби є еквівалентна шорсткість її внутрішньої поверхні, знання якої дає можливість виконувати розрахунки водопроводів на основі рівнянь класичної гідравліки.

Таким чином, актуальним залишається задача визначення еквівалентної шорсткості сучасних вітчизняних пластмасових труб і надання рекомендацій по визначенню втрат напору в них.

1. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справочное пособие. – 6-е изд. доп. и перераб. / Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. – М.: Стройиздат, 1984. –116 с.

2. Добромислов А.Я. Таблицы для гидравлических расчетов напорных труб из полимерных материалов./ Добромислов А.Я. – М.: ТОО «Издательство ВНИИМП», 2004. – 209 с.

3. Чугаев Р.Р. Гидравлика. / Чугаев Р.Р. – М.-Л., «Энергия», 1982. – 672 с.