

## ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПОЛИВАЛЬНОГО ПОЛІЕТИЛЕНОВОГО ТРУБОПРОВОДУ СИСТЕМИ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ

Середа А. І., Дюбко С. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Отримана теоретична формула для визначення втрати напору в поливному трубопроводі, яка враховує нелінійний закон зміни середньої швидкості потоку по довжині поливного трубопроводу.*

**Постановка проблеми.** Одним з основних елементів систем крапельного зрошення є поливні трубопроводи з водовипусками. Втрати напору в поливному трубопроводі (ПТ) рекомендується обчислювати за формулою Дарсі - Вейсбаха (1):

$$h_f = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При гідравлічному розрахунку ПТ необхідно враховувати рух рідини з убуваючою по шляху витратою. Особливо значний вплив змінної маси рідини на втрати напору, якщо поливні трубопроводи перевищують довжину 50 м.

**Мега статті.** При обчисленні втрати напору в ПТ будемо враховувати швидкість рідини на початку трубопроводу. Визначимо втрати напору на ділянках ПТ за формулою, використовуючи вираз (1):

$$h_i = \lambda_i \frac{l_i}{D_i} \cdot \frac{V_i^2}{2g}, \quad (2)$$

де  $\lambda_i$  - коефіцієнт гідравлічного тертя на ділянці, який визначається за швидкістю на початку ПТ;

$V_i$  - швидкість на початку розрахункової ділянки довжиною  $l_i$  і діаметром  $D_i$ , м/с.

**Основні матеріали дослідження.** Припустимо, що рух рідини з роздачею витрати по шляху можна описати у вигляді закону зміни середньої швидкості по довжині ділянки трубопроводу:

$$V_i = V_n \left(1 - \frac{x}{l_i}\right)^\alpha \quad (3)$$

де  $x$  – відстань від початку трубопроводу до розрахункового перерізу;

$\alpha$  – показник степеня, який враховує нелінійний характер розподілення швидкості по довжині трубопроводу із крапельницями.

При  $\alpha = 1$  отримуємо лінійний закон зміни середньої швидкості потоку по шляху трубопроводу, тобто рівномірну роздачу витрати по шляху, що необхідно при режимі краплинного зрошення культур. Але коефіцієнт  $\alpha$  може змінюватися від 1 до 0 в залежності

від довжини трубопроводу. Підставляючи (3) в формулу (2), отримаємо:

$$h_i = \frac{\lambda_i \cdot l_i}{D \cdot 2g} \cdot \left[ V_n \left(1 - \frac{x}{l}\right) \right]^{2\alpha} \quad (4)$$

Формула (4) є функцією втрат напору при русі рідини зі змінною масою в залежності від закону зміни середньої швидкості потоку  $V_i = f\left(\frac{x}{l}\right)$ . В залежність

(4) входить параметр  $\lambda_i$ , який також залежить від  $V_i$ . Проведемо аналіз коефіцієнта гідравлічного тертя  $\lambda_i$  в разі руху рідини в ПТ з крапельницями. Як було раніше встановлено в [2], в разі руху рідини зі змінною масою в поліетиленових трубопроводах коефіцієнт  $\lambda_i$  залежить від числа Рейнольдса  $Re_i$  і визначається за емпіричною формулою виду:

$$\lambda_i = \frac{A}{Re_i^\alpha}, \quad (5)$$

де  $A$  – постійний коефіцієнт, який враховує вплив довжини і діаметру трубопроводу на втрати напору;

$Re_i$  – число Рейнольдса, яке враховує режим руху рідини.

Вирішимо рівняння (4), підставивши в нього формулу (5). Після перетворень і диференціювання отримаємо:

$$\begin{aligned} h_i &= \frac{A_i}{Re_i^\alpha} \cdot \frac{l}{2g \cdot D} \cdot V_n^2 \left(1 - \frac{x}{l}\right)^{2\alpha} = \\ &= \frac{A_i \cdot v^\alpha}{v_i^\alpha \cdot D^\alpha} \cdot \frac{l}{2g \cdot D} \cdot V_n^2 \left(1 - \frac{x}{l}\right)^{2\alpha} = \\ &= \frac{A_i \cdot v^\alpha \cdot l}{2g \cdot D^{1+\alpha} \cdot V_n^\alpha} \cdot V_n^2 \left(1 - \frac{x}{l}\right)^{2\alpha}. \end{aligned}$$

де  $v$  – кінематична вязкість рідини.

Позначивши через  $A_i = \frac{A_i \cdot v^\alpha}{2g \cdot D^{1+\alpha}}$ , отримуємо:

$$h_i = A_i \cdot V_n^{2-\alpha} \cdot \left(1 - \frac{x}{l}\right)^{2\alpha} \cdot l. \quad (6)$$

Далі диференціюємо (6) по  $dx$ , отримаємо:

$$dh = -A_1 \cdot V_n^{2-\alpha} \left(1 - \frac{x}{l}\right)^{\alpha-1} dx. \quad (7)$$

Вирішимо диференціальне рівняння (7). Вважаємо, що температура рідини постійна, отже,  $v = const$ , діаметр трубопроводу і швидкість в його початку також постійні:

$$\int_0^l dh = -A_1 \cdot V_n^{2-\alpha} \int_0^l \left(1 - \frac{x}{l}\right)^{\alpha-1} dx,$$

$$h(l) - h(0) = A_1 \cdot l \cdot V_n^{2-\alpha} \int_0^1 \left(1 - \frac{x}{l}\right)^{\alpha-1} \cdot d\left(1 - \frac{x}{l}\right).$$

$$h(l) - h(0) < 0; h(l) - h(0) = -h,$$

$$-h = A_1 \cdot l \cdot V_n^{2-\alpha} \cdot \left(1 - \frac{x}{l}\right)^{\alpha} \Big|_0^l,$$

або

$$h = \frac{A_1}{\alpha} \cdot l \cdot V_n^{2-\alpha}. \quad (8)$$

Формула (8) служить для обчислення втрат напору в поливних трубопроводах систем крапельного зрошення. Формулу (8) можна представити у вигляді:

$$h = \frac{A_i}{\alpha \cdot Re_i^\alpha} \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{V_n^2}{2g}, \quad (9)$$

де  $\lambda_i = \frac{A_i}{\alpha \cdot Re_i^\alpha}$  – коефіцієнт гідравлічного тертя,

який враховує зміну витрати по шляху трубопроводу.

Проведемо аналіз формули (9). При  $\alpha = 1$  отримуємо лінійний закон зміни середньої швидкості потоку по шляху в трубопроводі. При цьому коефіцієнт гідравлічного тертя буде визначатися формулою:

$$\lambda = \frac{A_i}{Re}. \quad (10)$$

При  $\alpha = 0,25$  коефіцієнт гідравлічного тертя буде вихислятися за формулою Блазіуса [3]:

$$\lambda = \frac{A_i}{Re^{0,25}}. \quad (11)$$

При  $\alpha = 0,45$  коефіцієнт гідравлічного тертя приймає вид:

$$\lambda = \frac{A_i}{Re^{0,45}}. \quad (12)$$

Експериментально вченими встановлено [2; 4], що  $A_i$  в поліетиленових ПТ систем крапельного зрошення зростає зі збільшенням показника степеня  $\alpha$  від 0,25 до 0,45 відповідно з 0,612 до 2,111.

**Висновки.** В результаті теоретичних досліджень можна прийти до висновку про те, що коефіцієнт гідравлічного тертя  $\lambda$  в поливних поліетиленових трубопроводах знаходиться для чисел  $Re_n = 2300-40000$  за формулою:

$$\lambda_n = \frac{A_i}{Re_n^\alpha}. \quad (13)$$

де  $A_i$  і  $\alpha$  – гідравлічні параметри, які визначаються дослідним шляхом для кожного конкретного випадку.

#### Список використаних джерел

1. Дідур В. А. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод / В. А. Дідур, О. Д. Савченко // Прем'єр - Запоріжжя, 2005. – 464 с.
2. Кузнецов, Е. В. Влияние транзитной скорости на отклонение потока при истечении через отверстия-водовыпуски / Е. В. Кузнецов // Тр. Кубан. СХИ. – Краснодар, 1980. – Вып. 172. – С. 115–122.
3. Черноморцева, В. Н. Гидравлический расчет поливного трубопровода, оборудованного капельницами / В.Н. Черноморцева // Докл. ВАСХНИЛ. – 1983. – № 2. – С. 40–41.
4. Кузнецов, Е. В. Расходные характеристики капельниц-водовыпусков / Е. В. Кузнецов, Ю. А. Скобельцын // Тр. Кубан. СХИ. – Краснодар, 1982. – Вып. 198. – С. 73–79.

#### Аннотация

#### ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОЛИВНОГО ПОЛИЭТИЛЕНОВОГО ТРУБОПРОВОДА СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Серета А. И., Дюбка С. В.

*Получена теоретическая формула для определения потери напора в поливном трубопроводе, которая учитывает нелинейный закон изменения средней скорости потока по длине поливного трубопровода.*

#### Abstract

#### AN HYDRAULIC CALCULATION OF WATERING PLASTIC PIPELINE SYSTEMS OF DRIP IRRIGATION

A. Sereda, S. Diubko

*Received theoretical formula for determining the pressure losses in the irrigation pipe, which takes into account the non-linear law of variation of the average flow velocity along the length of the irrigation pipeline.*