

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ВТРАТ В ЕЖЕКТОРІ

Середа А. І., Пазій В. Г.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

У даній роботі наведена залежність для теоретичних розрахунків напору ежектора на воді й дані рекомендації для розрахунків напору на гідрозмішуванні.

**Постановка проблеми.** При побудові розрахункової схеми важливий правильний вибір площини порівняння для відліку напорів, на жаль, даний факт недооцінюється багатьма авторами [1, 2], що приводить до суперечливості теоретичних розв'язків.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

При визначенні втрат в ежекторі й оцінці його енергетичних якостей необхідно твердо встановити, які елементи ставляться до ежектора, як струминного апарата, а які до його трубопроводів, втрати в яких, зрозуміло, не можуть включатися в число втрат ежектора. При цьому необхідно враховувати, що втрати в трубопроводах можуть розраховуватися за загальними формулами гідравліки, а для визначення втрат в

ежекторі й підрахунку його ККД доводиться виконувати у відповідальних випадках лабораторні випробування ежектора або його моделі.

**Мета статті.** Метою статті є удосконалення методів розрахунку ежекування на воді та гідросуміші.

**Основні матеріали дослідження.**

У наших розрахунках тиск, що визначає енергію положення усмоктуваної ежектором рідини, відлічується від нижнього рівня (рис. 1).

У якості основних допущень ухвалюються звичайні в гідравліці допущення про рівномірність розподілу швидкостей і тисків у контрольних перетинах I і II.

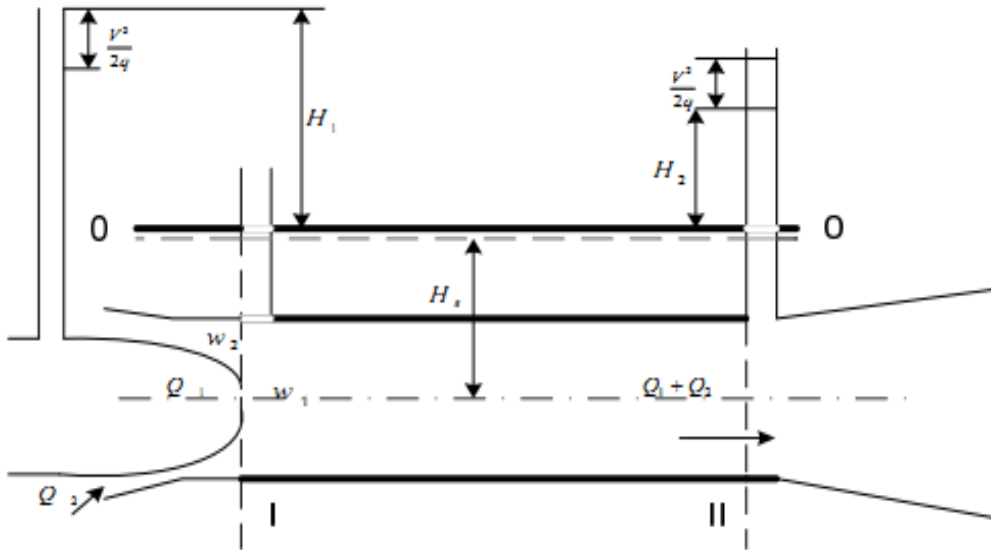


Рисунок 1 – Розрахункова схема

Використовуючи позначення, зазначені на розрахунковій схемі, згідно закону кількості руху, одержуємо основне рівняння, що зв'язує параметри потоку в контрольних перетинах

$$\frac{Q_1^2}{\omega_1} + \frac{Q_2^2}{\omega_0} - \frac{(Q_1 + Q_2)^2}{\omega} = g\omega(H_2 + H_s + H_0 - H_1) \quad (1)$$

З рівняння видно, що при однакових об'ємних вагах рідин висота усмоктування ежектора  $H$  є виключається, як це звичайно має місце в розрахунках гідравлічних машин у межах безкавітаційних режимів.

Для зв'язку параметрів потоку із зовнішніми параметрами ежектора (витратами й напорами) на підставі рівняння Бернуллі одержуємо

$$Q_0 = \mu_0 \omega_0 \sqrt{2g(H_1 + H_0)} \quad (2)$$

$$Q_1 = \mu_1 \omega_1 \quad (3)$$

де  $Q_0$  – витрата робочого струменя;  
 $Q_1$  – витрата засмоктуваної рідини;  
 $\omega_0$  – площа перетину робочого струменя;  
 $\omega_1$  – площа перетину засмоктуваної рідини;  
 $\omega_2$  – площа перетину камери змішання;  
 $g$  – прискорення сили ваги.

Вхідні у формули (2) і (3) коефіцієнти витрат  $\mu_1$  і  $\mu_0$  віднесені до дійсних перепадів тиску  $H_0$  і  $H_1+H_0$ , що дозволяє користуватися для визначення їх чисельних значень звичайними довідниками гідравліки. Ця можливість не реалізується практично в багатьох методах розрахунків [3].

Далі розрахунки ведуться у відносних величинах. Відносна витрата  $a_0$  усіма дослідниками підраховується як відношення всмоктуваної витрати  $Q_1$  до робочої  $Q_0$

$$a_0 = \frac{Q_1}{Q_0}. \quad (4)$$

При підрахунку відносини площ перетину потоків у створі I найбільше доцільно оперувати відношенням площі змішувальної камери до площі насадка:

$$m = \frac{\omega_4}{\omega_0}. \quad (5)$$

У якості відносного напору  $H_s$ , як і більшість авторів, нами прийняте відношення повних питомих енергій робочого потоку  $H_{Н\text{ пр}}$  і сумарного потоку в перетині II, рівного  $H_{Г\text{ ПР}} = \frac{v_2^2}{2g}$ .

Швидкісний напір у кінець змішувальної камери згідно з раніше прийнятими допущеннями визначається залежністю

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{(Q_1 + Q_0)^2}{2g\omega_2^2}. \quad (6)$$

Потенційна енергія в перетині II перебуває з основного рівняння

$$H_{Г\text{ ПР}} = \frac{Q_1^2}{\omega_1 \omega} + \frac{Q_0^2}{\omega_0 \omega} - \frac{(Q_1 + Q_0)^2}{\omega^2} - \frac{Q_0^2}{2\mu_0^2 \omega_0^2} + \frac{(Q_1 + Q_0)^2}{2\omega^2} - (1\varepsilon_T). \quad (7)$$

Тут  $\varepsilon_T$  враховує втрати тертя по довжині змішувальної камери. Енергія робочого струменя  $H_{Н\text{ пр}}$  визначається зі спільного розв'язку, вище описаних рівнянь (2) і (3)

$$H_{Н\text{ пр}} = \frac{Q_1^2}{2g_1^2 \omega_1^2} - \frac{Q_0^2}{2g_0^2 \omega_0^2}. \quad (8)$$

Зневажаючи впливом конструктивної площі торця сопла, одержимо

$$\frac{\omega_0}{\omega} = 1. \quad (9)$$

Тут  $\Sigma\xi$  ураховує не тільки втрати тертя в змішувальній камері, але й усі види втрат у дифузорі. При цьому коефіцієнти втрат дифузора повинні бути віднесені до швидкісного напору в його початковому перетині, що збігається з контрольним перетином II. Тоді дане рівняння пошириться на перетин ежектора, розташоване за дифузором, тобто воно з'явиться характеристикою всього ежектора, включаючи дифузор.

Даним рівнянням можна користуватися для розрахунків ежектора з його відвідними та підвідними трубопроводами. Для цього необхідно в коефіцієнт втрат  $\Sigma\xi$  включити також коефіцієнти втрат у всьому тракті потоку за ежектором, віднести їх до швидкісного напору наприкінці змішувальної камери, який підраховується за залежністю

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{(Q_1 + Q_0)^2}{2g\omega^2}. \quad (10)$$

Аналогічно враховуються й втрати в напірному й у всмоктувальному трубопроводах, враховуючи відомий зв'язок  $\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \Sigma\xi_0}}$ . При цьому важливо підкреслити, що тут коефіцієнти втрат повинні бути віднесені до відповідних до швидкісних напорів у перетині I.

При визначенні втрат в ежекторі й оцінці його енергетичних якостей необхідно твердо встановити, які елементи ставляться до ежектора, як струминного апарата, а які до його трубопроводів, втрати в яких, зрозуміло, не можуть включатися в число втрат ежектора. При цьому необхідно враховувати, що втрати в трубопроводах можуть розраховуватися але загальним формулам гідравліки, а для визначення втрат в ежекторі й підрахунку його ККД доводиться виконувати у відповідальних випадках лабораторні випробування ежектора або його моделі.

Для будь-якого ежектора втрати в трубопроводах будуть різні для різних випадків його використання, а втрати у властиво ежекторі даного типу ті самі. За цією ознакою й потрібно визначати состав втрат в ежекторі, до яких слід віднести всі види втрат в елементах ежектора, обмежених фланцями, якими ежектор приєднується до трубопроводів.

Для ілюстрацій співвідношень різних видів втрат в ежекторі й формування характеристики ежектора на рис. 2 наведені залежності ККД ежектора від відносної витрати при різних комбінаціях втрат в елементах ежектора (ККД підраховані по формулі, наведеній нижче).

З рис. 2 видно, що втрати змішання мають найбільше значення при нульовій підсмоктуючій витраті, коли вся енергія робочого потоку витрачається на вихрові втрати в зоні змішання. У міру збільшення підсмоктуючої витрати за рахунок зменшення напору ежекування втрати змішання зменшуються й досягають нульового значення при  $\alpha_{\text{max}} = \frac{1-m}{m}$ , коли рівняються швидкості обох потоків, що змішуються.

Отже, не можна визначити оптимальне співвід-

ношення параметрів ежектування, розглядаючи лише одні втрати змішання, як це роблять деякі дослідники.

Зокрема К.К. Баулін, зневажаючи кількістю руху засмоктуючої рідини, одержує для максимального значення ККД аналітичне вираження, яке враховує одні тільки втрати змішання. Такий спрощений розв'язок приводить до викривлення основних характеристик ежектування, тому що по залежностях К.К. Бауліна максимальний ККД ідеального ежектора буде рівний 0,25, який значно нижче практично досягнутих ККД реальних ежекторів.

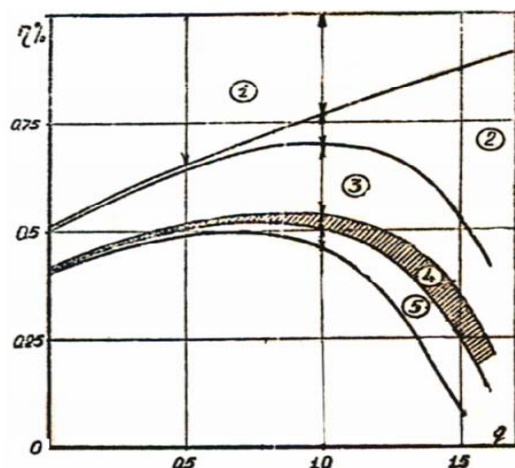


Рисунок 2 – Коефіцієнт корисної дії ежектора при різних комбінаціях втрат ( $K = 0,3; n = 2$ ):

- 1 – втрати змішання;
- 2 – втрати на вхід засмоктуючого витрати ( $P_0=0,9$ );
- 3 – втрати на вхід робочої витрати ( $\mu_1=0,9$ );
- 4 – втрати тертя в змішувальній камері;
- 5 – втрати в дифузорі.

Характер кривих показує, що максимум ККД ежектора формується в результаті взаємодії втрат змішання з іншими втратами опору.

Втрати, пов'язані з підведенням робочого струменя, змінюються мало, тому що режими ежектування значно впливають на величину робочої витрати. В цілому балансі втрат на цей вид втрат доводиться більша частина, яка в оптимальній зоні навіть для добре сконструйованого ежектора ( $\mu_1 = 0,9$ ) наближається до величини втрат змішання.

Втрати, пов'язані з підведенням засмоктуючого витрати, сильно зростають у міру збільшення відносної витрати й впливають на формування характеристики ежектора.

Втрати на тертя в межах камери змішання невеликі в порівнянні з вищевказаними видами втрат, якщо досить ретельно оброблені стінки змішувальної камери, а її довжина прийнята оптимальної. При цьому важливо підкреслити взаємозв'язок втрат тертя в камері змішання із втратами в дифузорі, які суттєво впливають на характеристику високонапірних ежекторів.

Розрахунки ежектора на гідросуміші на землесосних снарядах проводиться але вищеописаному розрахункам ежектора на воді з тою лише різницею, що питання визначення втрат напору зв'язані з урахуван-

ням щільності, що перекачується рідини. Найбільш простий відносний напір наприкінці дифузора (останній перетин після ежектора), визначається добутком величини відносного напору на воді на щільність пульпи, що перекачується, наприкінці змішувальної камери.

**Висновки.** При визначенні втрат в ежекторі й оцінці його енергетичних якостей необхідно твердо встановити, які елементи ставляться до ежектора, як струминного апарата, а які до його трубопроводів, втрати в яких, зрозуміло, не можуть включатися в число втрат ежектора. При цьому необхідно враховувати, що втрати в трубопроводах можуть розраховуватися але загальним формулам гідравліки, а для визначення втрат в ежекторі й підрахунку його ККД доводиться виконувати у відповідальних випадках лабораторні випробування ежектора або його моделі.

#### Список використаних джерел

1. Фридман Б. С. Гідроелеватори / Б. С. Фридман, – М.: Машгиз, 1998. – 210 с.
2. Каменев П. Н. Гідроелеватори в будівництві / П. Н. Каменев – М.: Стройиздат, 2005. – 315 с.
3. Мускевич Г. Е. Розрахунки кільцевого гідроелеватора-водопідйомника з підвищеним ККД, Удосконалювання проектування меліоративних і водогосподарчих об'єктів на Північному Кавказі. Збірник наукових праць, випуск 2 / Г. Е. Мускевич, Южгипроводхоз, Ростову-на-Дону, 2002.
4. Исаев А. П. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов. / А. П. Исаев., Б. И. Сергеев., В. А. Дидур – М.: Агропромиздат, 1990. – 400 с.
5. Костюченко Э. В. Практикум по гидравлике и гидромеханизации сельскохозяйственных процессов. / Э. В. Костюченко., В. А. Лаптев., Л. А. Холодок – Мн.: Ураджай, 1991. – 272 с.

#### Аннотация

#### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ В ЕЖЕКТОРЕ

Середа А. И., Пазий В. Г.

*Приведена зависимость для теоретического расчета напора эжектора на воде и даны рекомендации для расчета напора на гидросмеси.*

#### Abstract

#### IMPROVED METHODS OF CALCULATING LOSSES EJECTOR

A. Sereda, V. Pazi

*The dependency for the theoretical calculation of ejection pressure on water is shown in this article. The recommendations for the theoretical calculation of injection pressure on slurry are given.*