

Експериментальний стенд для дослідження втрат енергії під час переміщення потоку рідин і газів по трубопроводах

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано принципова схема експериментального стенду для дослідження втрат енергії під час переміщення потоку рідин і газів по трубопроводах

Ключові слова: енергетичні втрати, рідина, газ, трубопровід

Abstract

A schematic diagram of an experimental stand for the study of energy losses during the flow of fluids and gases through pipelines is proposed

Keywords: energy losses, liquid, gas, pipeline

Вступ

У життєдіяльності людини широко використовуються транспортування текучих середовищ (рідин і газів) по трубопроводах за допомогою нагнітальних пристроїв (насосів, вентиляторів і т.п.), які відповідно затрачують необхідну енергію. Величина енергетичних затрат залежить від фізичних властивостей текучого середовища та характеристик трубопровідної системи. Тобто одним із показників енергоефективності обладнання, наприклад системи опалення, є затрати на транспортування енергоносія. Тому дослідження втрат енергії під час переміщення потоку рідин і газів по трубопроводах є актуальною науковою та інженерною задачами.

Результати дослідження

Потік рідини (газу) можна характеризувати об'ємною витратою Q ($\text{м}^3/\text{с}$) і середній по перерізу труби швидкості v ($\text{м}/\text{с}$). Витрата є однією із основних характеристик потоків рідини або газу. Об'ємна витрата і швидкість пов'язані між собою співвідношенням:

$$Q = vS, \quad (1)$$

де S – площа поперечного перерізу труби, м^2 .

При русі реальних рідин і газів частина механічної енергії руху необоротно перетворюється в теплову. Ця частина енергії називається втратою енергії ΔE . Втрати енергії обумовлені існуванням сил в'язкого тертя в рідинах і газах, тобто в'язкості. З втратами енергії пов'язані втрати тиску, які знаходимо як

$$\Delta p_{\text{вмп}} = \rho \Delta E, \quad (2)$$

і втрати напору визначаються як

$$\Delta h_{\text{вмп}} = \Delta p_{\text{вмп}} / \rho g = \Delta E / g,$$

де ρ – густина рідини (газу), $\text{кг}/\text{м}^3$; g – пришвидшення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$.

Втрати тиску $\Delta p_{\text{вмп}}$ вимірюються в Па , втрати напору $\Delta h_{\text{вмп}}$ в м .

Існування сил в'язкості призводить до витрат енергії на переміщення текучих середовищ. Частина потужності, що витрачається нагнітальним пристроєм на транспортування по трубопроводу текучих середовищ з витратою Q , визначається виразом

$$P = \Delta p_{\text{вмп}} Q, \text{ Вт}. \quad (3)$$

Гідравлічні втрати тиску (напору) зазвичай ділять на два види. Перший вид являє собою втрати тиску на тертя $\Delta p_{\text{тер}}$ при стабілізованому русі рідини в довгих трубах. Ці втрати рівномірно

розподіляються по всій довжині труби. Втрати другого виду (Δp_m) зосереджені на порівняно коротких ділянках трубопроводів і викликаються місцевими змінами конфігурації каналу. Ці опору називаються місцевими. Прикладами місцевих опорів можуть служити ділянки різкого розширення і звуження трубопроводу, місця злиття і розділення потоків, різного роду трубопровідна апаратура (крани, клапани, засувки, дроселі тощо). Характерною особливістю руху рідини через місцеві опори є утворення вихорів в потоці, що викликає значні втрати енергії (тиску, напору). Таким чином, повні втрати тиску і напору визначаються виразами:

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{Втр}} &= \Delta p_{\text{мер}} + \Delta p_m, \\ \Delta h_{\text{Втр}} &= \Delta h_{\text{мер}} + \Delta h_m,\end{aligned}\quad (4)$$

Втрати напору по довжині для випадку сталого руху рідини по трубопроводу круглого перерізу визначаються за формулою Дарсі-Вейсбаха:

$$\Delta h_{\text{мер}} = \lambda \frac{l v^2}{d 2g}, \quad (5)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя; l – довжина досліджуваної ділянки труби, м; d – діаметр трубопровода, м; v – середня швидкість руху енергоносія, м/с.

З формули Дарсі-Вейсбаха видно, що величина втрат напору на гідравлічне тертя по довжині зростає зі збільшенням швидкості потоку і довжини труби і зменшується зі збільшенням діаметра трубопроводу.

Місцеві втрати напору визначаються за формулою

$$\Delta h_m = \zeta \frac{v^2}{2g}, \quad (6)$$

де ζ – коефіцієнт місцевого опору (залежить також від режиму потоку і від виду конструктивного виконання місцевого опору)..

Порівняльний аналіз різних гідравлічних опорів показує, що втрати енергії значно збільшуються за стрімкої зміни труби, при крутих поворотах і т.п. Для лабораторного дослідження енергетичних втрат під час переміщення рідини пропонується експериментальний стенд, що зображений на рис. 1.

Енергоносій із гідробаку B по гідролінії 1 за допомогою насоса H через гідроаккумулятор $ГА$, гідролії 3, 4 кран K , крутий 6 і плавний 7 повороти, розширювальну ємність PE та гідро лінії 8, 9, 10 зливається через зворотний клапан $ЗК$ в бак B . Зміни тиску на досліджуваних ділянках трубопроводу фіксується відповідними манометрами (МН1- МН7).

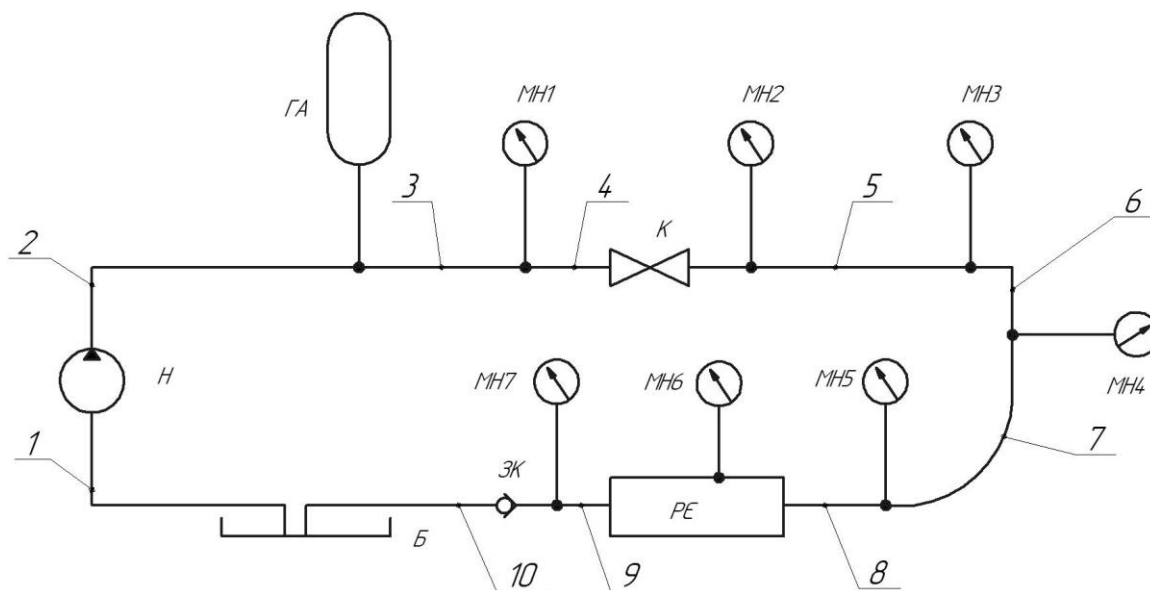


Рисунок 1 – Принципова гідравлічна схема стенда для дослідження втрат енергії під час переміщення потоку рідин і газів по трубопроводах

Висновок. Запропонований експериментальний стенд для лабораторних досліджень – визначення втрат енергії під час транспортування рідин і газів по трубопроводах. В навчально-дослідницьких цілях даний стенд доцільний для наочного навчання студентів раціонального проектування енергоефективних трубопроводів для транспортування енергоносіїв у вигляді рідин чи газів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левицький Б. Ф., Лещій Н. П. Гідравліка. Загальний курс. — Львів: Світ, 1994. — 264с. — [ISBN 5-7773-0158-4](#)
2. Константинов Ю. М., Гіжа О. О. Технічна механіка рідини і газу: Підручник. — К.: Вища школа, 2002. — 277с.: іл. — [ISBN 966-642-093-7](#)
3. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід: Підручник. — Київ: Фірма «Інкос», Центр навчальної літератури, 2006. — 616с. — [ISBN 966-8347-38-2](#)
4. Колчунов В. І. Теоретична та прикладна гідромеханіка: Навч. Посібник. — К.: НАУ, 2004. — 336с. — [ISBN 966-598-174-9](#)

Слабкий Андрій Валентинович – к.т.н, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет.

Кривенко Дмитро Юрійович – студент групи ІГМ-16, Вінницький національний технічний університет.

Slabkyi Andrii Valentinovich – Ph.D., assistant professor of mechanical engineering industry, Vinnytsia National Technical University

Kryvenko Dmytro Yurievich – student of ІНМ-16, Vinnitsa National Technical University.